

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки
Спеціальність «Електронні системи»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи магістра на тему

**АДАПТИВНА СПД НА ОСНОВІ
МАЖОРИТАРНОГО КОДУ**

Завідувач кафедри
електроніки та комп'ютерної техніки

А. С. Опанасюк

Керівник дипломного проекту

А .І. Новгородцев

Консультант з технічної частини

Т. О. Протасова

Консультант з економічної частини

О. М. Маценко

Виконав студент
групи ЕСмдн – 91п

В. В. Колесник

Сумський державний університет
(Наименование высшего учебного заведения)

Факультет ЦЗДВН Кафедра Електроніки і комп'ютерної техніки

Спеціальність Електроніка

Утверждаю:

Зав. кафедрой _____

“ ___ ” _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на дипломный проект (работу) студенту

КОЛЕСНИК ВАДИМ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта (работы) **АДАПТИВНА СПД НА ОСНОВІ
МАЖОРИТАРНОГО КОДУ**

утверждена приказом по институту от “06” листопада 2020 р. № 1726-III

2. Срок сдачи студентом законченного проекта (работы) 15.12.2020 р.

3. Исходные данные к проекту (работе) реалізувати два варіанти передавання даних в канал зв'язку з огляду на різний рівень помилок, визначити оптимальні розміри пакетів передавання даних та довжин кодових комбінацій мажоритарного коду, забезпечити для цифрових сигналів рівні логічного «нуля» не більше 0,4 В, «одиниці» не менше 2,4 В.; $U_{жив2} = \pm 5В.$

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Огляд літератури та постановка задачі проектування. Науково-дослідна частина. Розробка структурної схеми і алгоритма функціонування. Розробка та розрахунок принципів електричних схем, вузлів та блоків.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Блок-схема алгоритма функціонування

Схема електрична структурна

Схема електрична функціональна

Схема електрична принципова

6. Консультанты по проекту (работе), с указанием разделов проекта, что касается их

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял

7. Дата выдачи задания _____

Руководитель _____

(подпись)

Задание принял к выполнению _____

(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Примечание
1	Огляд літератури та постановка задачі дослідження	15.10.20-20.10.20	
2	Науково-дослідна частина	20.10.20-10.11.20	
3	Розробка структурної схеми та алгоритму функціонування	11.11.20-14.11.20	
4	Розробка схеми електричної функціональної	15.11.20-25.11.20	
5	Розробка та розрахунок принципів електричних схем, вузлів та блоків пристрою	26.11.20-05.12.20	
6	Техніко-економічна частина	06.12.20-09.12.20	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини випускної роботи магістра	10.12.20-13.12.20	

Студент - дипломник _____

(подпись)

Руководитель проекта _____

(подпись)

РЕФЕРАТ

Випускна робота містить: 104 с.; 45 рис.; 19 табл.; 23 джерела.

Графічна частина представлена структурними схемами приймального і передавального пристроїв системи передачі даних, блок-схемою алгоритму функціонування, принциповою схемою передавального пристрою.

Дана робота присвячена розробці адаптивної системи передачі даних на основі мажоритарних кодів, яка в залежності від рівня завад в каналі зв'язку перебудовується і формує інформаційні пакети різної довжини.

У розділі «Огляд літератури і постановка задачі дослідження» було проведено аналіз літературних джерел, сформульована задача дослідження.

У розділі «Науково-дослідна частина» були проведені дослідження необхідної адаптивності мажоритарних кодів, обґрунтовано вибір даних кодів, проведено порівняльний аналіз з іншими поширеними кодами, обґрунтовано вибір довжини інформаційних пакетів, побудовані і проаналізовані графічні залежності ймовірностей невиявлення помилок для різних параметрів кодів і режимів роботи .

Розділ «Розробка електронного пристрою на базі отриманих результатів дослідження» містить обґрунтування алгоритму функціонування і структурної схеми проектного пристрою, розробку функціональної і принципової схем, вибір елементної бази.

«Економічна частина» включає в розрахунок повної собівартості та повної ціни кодуєчого пристрою СПД на основі мажоритарного коду.

ЗМІСТ

Вступ		4
1	Огляд літератури і постановка задачі дослідження	6
1.1	Адаптивні системи	6
1.2	Класифікація систем передачі повідомлень зі зворотним зв'язком	16
1.3	Класифікація кодів, що застосовуються в системах передачі даних	21
1.4	Постановка завдання	25
2	Науково-дослідна частина	26
3	Розробка електронного пристрою на базі отриманих результатів досліджень	51
3.1	Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою, що проектується	51
3.2	Розробка схеми електричної функціональної пристрою, що проектується	59
3.3	Розробка і розрахунок принципів електричних вузлів і блоків пристрою	71
4	Техніко-економічна частина	90
4.1	Розрахунок повної собівартості пристрою	90
4.2	Визначення ціни пристрою	98
	Висновки	100
	Список використаних джерел	102

					<i>ЦЗДВН.8.171.00.10.053 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Колесник В.В.</i>			<i>Адаптивна СПД на основі мажоритарного коду.</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Протасова Т.</i>					3	104
<i>Н. Контр.</i>		<i>Гапич В.Н.</i>			<i>Пояснювальна записка</i>	<i>СумДУ, гр. ЕС.мдн-91п</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Опанасюк А.С.</i>						

ВСТУП

Однією з головних тез в сучасному світі є наступне: «Хто володіє інформацією, той володіє світом». Достеменно ніхто не в змозі дати означення інформації, але всі включені в процес збирання, обміну, передачі інформації. Інформація, а також усі засоби зв'язку, зберігання, відновлення інформації – на сьогодні це найголовніше як в науковому світі, технічних сферах, в банківських та фінансових колах. Швидкість з якою збільшуються обсяги інформації вражає, важливість та цінність інформації зростають в десятки та сотні разів швидше!

Задача створення новітніх технічних і програмних засобів зв'язку не полишає свого найголовнішого та найважливішого місця. Створення ефективних надійних та гнучких систем зв'язку – найголовніше завдання на сьогодні, яке стоїть перед вченими та «технарями». Під системою зв'язку або системою передачі та поширення інформації (так званими СПД) розуміється сукупність технічних і програмних засобів, які забезпечують передачу і розподіл сигналів даних від одних кінцевих пунктів до інших.

Сучасні системи зв'язку реалізують передачу даних, поданих передачі у вигляді двійкових послідовностей. Передача сигналів у цифровій формі має низку важливих і серйозних переваг у порівнянні з аналоговою: підвищення вірності передачі та обробки повідомлень, яке не залежить від схемних і технологічних рішень апаратури; інтеграція каналів електрозв'язку, джерел і одержувачів повідомлень, що дозволяє проектувати розвинені мережі зв'язку за рахунок уніфікації методів передачі, обробки і розподілу інформації за допомогою використання однотипних цифрових сигналів і множинного доступу до передавального середовища; можливість забезпечення скритності передачі шляхом кодової шифрування повідомлень; нечутливості цифрових каналів до ефекту накопичення спотворень при ретрансляції; розвиток систем супутникового зв'язку, що забезпечують ефективне використання дорогих комунікаційних ресурсів; гнучкість організації цифрових засобів передачі та обробки даних, яка припускає використання мікроЕОМ, мікросхем з великим ступенем інтеграції, цифрової комутації. Реалізація цифрових систем зв'язку на інтегральних логічних мікросхемах може створити гнучкі, універсальні, компактні, недорогі пристрої, що володіють заданими показниками вірності передачі повідомлень.

Розвиток обчислювальних мереж різко підвищило вимоги до швидкості і достовірності передачі великих обсягів цифрової інформації. Саме тому виникла

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

проблема проектування засобів організації каналів передачі даних, що ефективно використовують пропускну здатність існуючих каналів електрозв'язку та базуються на сучасній технології цифрових інтегральних мікросхем.

В даний час значна кількість сучасних систем зв'язку проектується виходячи з необхідності передавати дискретні сигнали. Якщо в сигнал не вводити штучну надмірність, збій будь-якого елементу сигналу призведе до спотворення цифрових даних, що передаються лініями зв'язку. До недавнього часу перешкод, які призводили до збоїв, було порівняно мало, і питання про можливість виявлення збоїв виникало з метою оцінки якості каналу зв'язку. З плином часу кількість засобів зв'язку різко збільшилася, з'явилися джерела різної структури навмисних перешкод. З іншого боку, системами зв'язку стали передавати цифрові дані з такими високими вимогами до достовірності інформації, що задовольнити ці вимоги традиційним удосконаленням провідної лінії зв'язку, збільшенням випромінюваної потужності, зниженням власного шуму приймача виявилось економічно не вигідними або просто неможливими. Тому, і були запропоновані нові коди, наприклад, комбінаторні мажоритарні коди.

Ще одним аспектом розвитку сучасних систем передачі даних є застосування адаптованих алгоритмів роботи. Це означає, що на практиці виявляється мало застосування одного завадостійкого кодування інформації. У реальних лініях зв'язку рівень перешкод не є постійною величиною, а безперервно змінюється в часі. В одних випадках, при малому рівні перешкод, необхідно підвищити швидкість передачі і знизити надмірність перешкодостійкого коду, а в інших, навпаки - підвищити надмірність перешкодостійкого коду, знизивши тим самим швидкість передачі повідомлень. Для успішного практичного впровадження адаптивного алгоритму роботи в реальні системи передачі даних, необхідно реалізувати його так, щоб це не вимагало втручання людини. Можна зробити висновок, що тільки комплексний підхід до боротьби з перешкодами забезпечить високу ефективність.

Випускна робота магістра «Адаптивна СПД на основі мажоритарного коду» робить спробу застосування комплексного підходу до підвищення завадостійкості цифрових систем зв'язку.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		5

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Адаптивні системи

1.1.1 Поняття адаптації та загальна структура адаптивних систем.

Адаптація, пристосування (від середньовічного лат. *Adaptatio* - пристосування) - зміна живої істоти під впливом зовнішнього середовища і результат цієї зміни. У фізіології і медицині позначає також процес звикання.

Пристосування є безпосереднім, якщо воно викликано дією самих умов існування як таких, і непрямим, якщо те, що не пристосоване до даних умов, знищується шляхом відбору, а те, що пристосоване, «зберігається».

Пристосування є функціональним, якщо зміни життєдіяльності організму (внаслідок зміни умов існування) сприяють зміні форм існування; корелятивним, або обопільним, якщо два різних організму або органу пристосовуються один до одного; пасивним, якщо в організмі відбуваються зміни без його участі; активним, якщо пристосування має місце завдяки діяльності (вправ) організму; активістським (або об'єктивним), якщо середовище змінюється під впливом суб'єкта з метою його пристосування.

Адаптацію в широкому сенсі розуміють як пристосування системи до зміни умов [11]. Конкретизація визначення адаптації пов'язана з метою дослідження і конструювання.

Адаптація в кібернетиці - це накопичення і використання інформації для досягнення оптимального в деякому сенсі стану або поведінки системи при початковій невизначеності в зовнішніх умовах [11]. Адаптивною вважають систему, яка може пристосовуватися до змін внутрішніх і зовнішніх умов. Поряд з поняттям адаптивної системи існує поняття управління з адаптацією (адаптивне управління), тобто управління в системі з неповною апріорною інформацією про керований процес, яке змінюється в міру накопичення інформації і застосовується з метою поліпшення якості роботи системи. Таке значення терміна «адаптація» склалося в теорії управління під впливом технічних додатків. У літературі існують також, крім зазначених, інші визначення адаптації та споріднених їй понять. Сутність їх полягає в наступному. Наші знання про об'єкт і середовища, в яких він функціонує, невизначені. Відома лише причетність їх до заданого класу. Крім того, сформульована мета управління, від якої залежить бажана поведінка об'єкта. Необхідно знайти алгоритм управління (адаптивний регулятор), що

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

забезпечує досягнення мети за кінцевий час для будь-якого об'єкта та умов його функціонування, що належать заданому класу.

Незважаючи на великі успіхи, досягнуті теорією керуючих систем, існують такі об'єкти, для яких дуже важко, а іноді і неможливо побудувати систему управління, використовуючи тільки традиційні підходи. Це такі об'єкти, для яких заздалегідь складно побудувати математичну модель - відсутні необхідні для цього точні попередні дані, або об'єкт непередбачуваним чином змінюється в процесі свого життя. Число такого роду об'єктів управління сьогодні швидко збільшується в зв'язку з розвитком техніки - механіки, сенсорних пристроїв, мікропроцесорів, які швидко наповнюють середу навколо нас новими машинами, які вимагають автономного управління.

Вихід з даної проблеми бачиться в застосуванні самонавчальних (адаптивних) систем управління. Однак методів побудови систем управління, які відносять до класу «адаптивних», існує небагато. При цьому в більшості випадків такі методи вимагають попереднього навчання на навчальних вибірках, тобто вони не є дійсно самонавчальними і тому мало можуть допомогти, коли навчальні вибірки відсутні.

Адаптацією називають процес цілеспрямованої зміни параметрів, структури або властивостей системи на підставі інформації, отриманої в процесі виконання основних функцій, метою досягнення оптимального в тому чи іншому сенсі функціонування системи при початковій невизначеності і мінливих умовах. Сукупність конкретних систем, що використовують адаптивний підхід, відрізняється великою різноманітністю, так само як існують і різні форми прояву адаптації, які характеризуються зміною стану, структури, алгоритму функціонування. Але при цьому можна виділити ряд загальних завдань, які неминуче з'являються, як тільки питання стосується адаптації [7].

Це, по-перше, завдання ідентифікації або розпізнавання характеристик об'єктів та доданих до них впливів, що обурюють. При цьому розрізняються:

- 1) завдання визначення структури і параметрів об'єкта;
- 2) завдання розпізнавання параметрів об'єкта при заданій структурі.

Найбільш жорстке обмеження, що накладається на існуючі схеми ідентифікації та визначає можливість їх реалізації, полягає в тому, що характеристики об'єкта повинні бути функціями, що змінюються за часом в порівнянні з тривалістю процесу розпізнавання, в іншому випадку адаптація втрачає будь-який сенс. З теоретичної точки зору ідентифікація нетривіальна тільки в тому випад-

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ку, якщо в процесі виявлення система піддається впливу перешкод, що, втім, завжди має місце як в великих інформаційних системах, системах регулювання, так і при оцінці стану каналів зв'язку. Завдання ідентифікації різноманітні: оцінки середніх значень, дисперсій, кореляційних функцій - це лише їх невеликий перелік.

До другої задачі адаптації можна віднести задачу рішення, яка, в свою чергу, пов'язана з розробкою аналітичних методів, що дозволяють оцінити роботу системи і розробити стратегію для досягнення оптимізації. Мета оптимізації, як правило, полягає в знаходженні екстремуму в області адаптивного простору деякого показника якості системи. Якщо вираз для показника якості відомий в явному вигляді, а також відомі обмеження як для детермінованих, так і для випадкових процесів, то рішення задачі можна провести аналітично, отримуючи результат в формульному вигляді. Як правило, такий підхід досягається ціною значної ідеалізації процесів, що протікають. Більш привабливими, особливо при наявності обчислювальних машин, представляються алгоритмічні методи, які дають не стільки рішення, скільки спосіб знаходження цього рішення, наприклад, за допомогою системи рекурентних співвідношень.

І, нарешті, третє завдання адаптації полягає в конкретному зміні структури і параметрів системи для оптимізації її роботи, що призводить в певному сенсі до поєднання управління і вивчення об'єкта. У цій ситуації керуючий вплив служить як засобом ідентифікації, так і засобом направлення об'єкта до оптимального стану. Тому процес управління зміною об'єкта вирішується в результаті компромісу двох крайнощів, а саме: можна швидко впливати на систему, не отримавши достатньої інформації про її стан, і її властивостях, і, що втім так само неефективно, накопичити великий обсяг інформації, коли потреба в ній вже зникла.

Три етапи, або три завдання адаптаційного процесу: ідентифікація, рішення і управління, тільки тоді відображають його сутність, коли утворюють замкнутий контур адаптації, що включає в себе, відповідно, отримання та обробку інформації про стан об'єкта (завдання розпізнавання), рішення деяких завдань в плані оптимальної поведінки (завдання визначення оптимальних режимів) і використання отриманих результатів (завдання зміни). У найзагальнішому плані структура адаптивної системи представлена на рисунку 1.1 [6].

Вона являє собою замкнутий контур, що включає в себе: об'єкт управління, пристрій ідентифікації, вирішальний пристрій і пристрій управління.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Різноманітність і особливості інформаційних процесів багато в чому визначають мету адаптації в різних процесах контролю і управління. Відповідно до цього інформаційні процеси можна розділити на три групи:

- 1) первинний відбір і перетворення форми вихідної інформації;
- 2) збір, накопичення, обробка, зберігання і видача інформації;
- 3) передача інформації.

До першої групи віднесені процеси автоматичного відбору вихідної інформації, формування і перетворення сигналів і повідомлень в зручний для передачі і подальшої обробки вигляд. Основна мета адаптації цих процесів зазвичай полягає в усуненні надмірності вимірювальної інформації, стисненні обсягу сигналів і повідомлень, а також у підвищенні точності перетворення.

Друга група процесів заснована на принципах схемотехніки, інформаційної та вимірювальної техніки. Застосування в цих процесах адаптації зазвичай переслідує мети забезпечення надійності та функціональної гнучкості системи, першочерговості збору і обробки більш важливої інформації, скорочення надмірності, поліпшення якості інформаційного процесу.

В основі третьої групи процесів знаходяться методи телемеханіки, передачі даних і зв'язку. Метою адаптації зазвичай є усунення втрат інформації, забезпечення необхідної вірності повідомлень, підвищення ефективності використання каналу зв'язку, стабілізація режиму передачі.

На рисунку 1.2 [5] подано класифікацію адаптивних систем передачі інформації в АСУ, яка відображає основні закономірності постановки і вирішення проблем ідентифікації, рішення та управління для адаптивних систем передачі інформації.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



Рисунок 1.1— Структурна схема адаптивної системи передачі інформації

Адаптивними системами називають такі системи, в яких параметри регулятора змінюються слідом за зміною параметрів об'єкта, таким чином, щоб поведінка системи в цілому залишалася незмінною і відповідала бажаному:

$$\dot{x} = A(t) \cdot x + B(t) \cdot U, \quad (1.1)$$

$$\dot{x} = f(t, x, U). \quad (1.2)$$

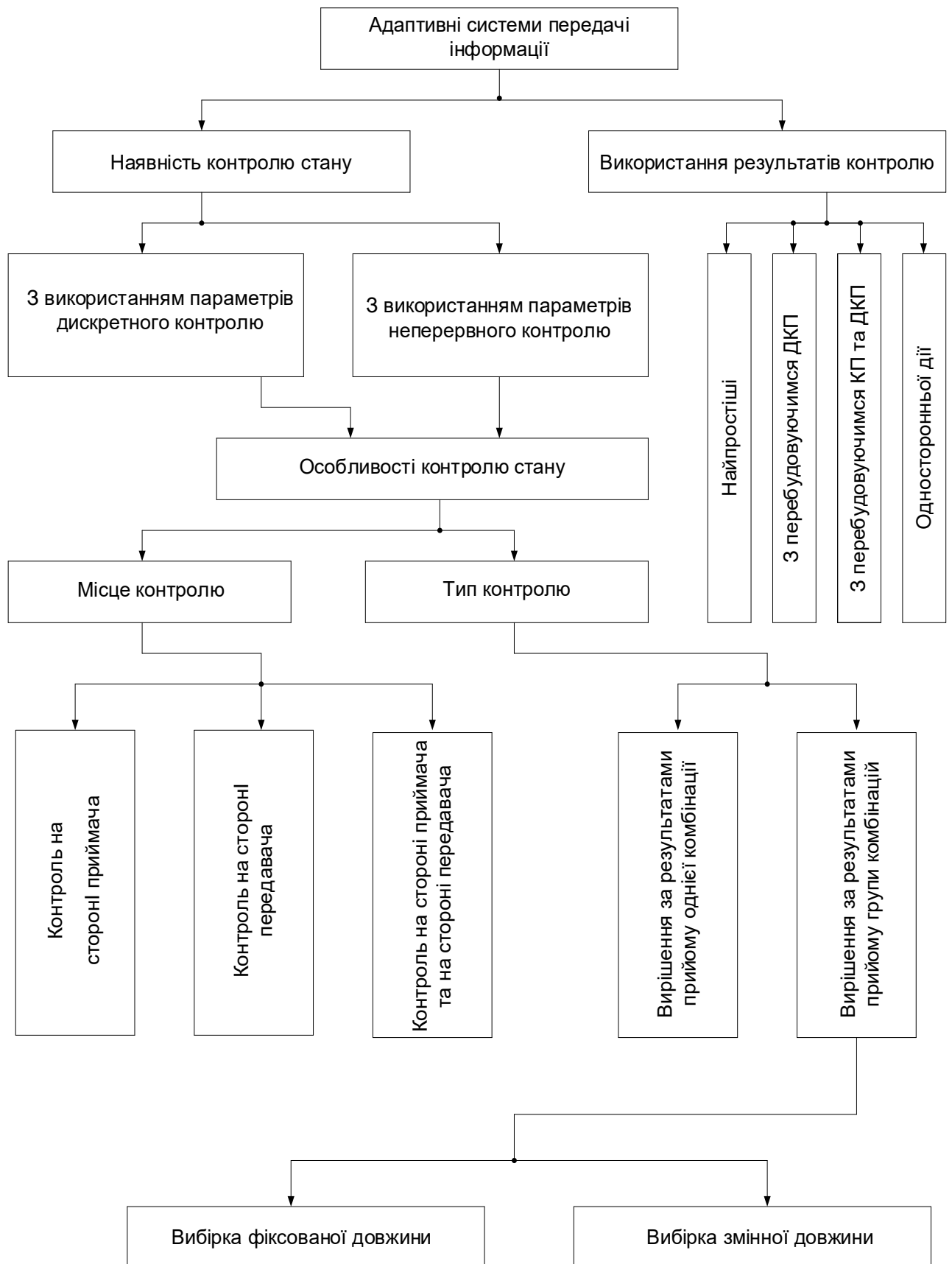


Рисунок 1.2 – Класифікація адаптивних систем передачі інформації

Питаннями аналізу та розробки адаптивних систем займалися М.М. Арипов, Е.Л. Блох, М.М. Бугу, Л.П. Коричневий, Л.А. Растрин, Ю.Г. Ростовцев, Б.Я. Рад, А.І. Фалько, В.А. Шапцев, В.П. Шувалов, М. Zorzi і інші. Були запропоновані окремі методики оцінки ефективності алгоритмів. Однак все ще актуальним залишається питання розробки універсальних методик, які дозволяють аналізувати і порівнювати різні алгоритми з прийнятною точністю і при порівняно невеликих витратах обчислювальних ресурсів.

Адаптивна система передбачає контроль умов передачі і адекватну реакцію на їх зміни. Контроль умов передачі може здійснюватися на різних рівнях системи і за різними параметрами. На каналному рівні найменш витратною є оцінка стану каналу за якістю прийому блоку. Важливим моментом є вибір алгоритму, що використовує інформацію про якість прийому блоку і на основі цього приймає рішення про зміну стану каналу. Час, що витрачається при використанні даних алгоритмів, і помилки при визначенні стану каналу багато в чому визначатимуть продуктивність системи в цілому.

Існує два напрямки в теорії адаптивних систем:

1) Адаптивні системи з ідентифікатором (АСІ) (функціональна схема АСІ наведена на рисунку 1.3). Ідентифікатор - пристрій оцінки параметрів об'єкта (оцінка параметрів повинна здійснюватися в реальному часі).

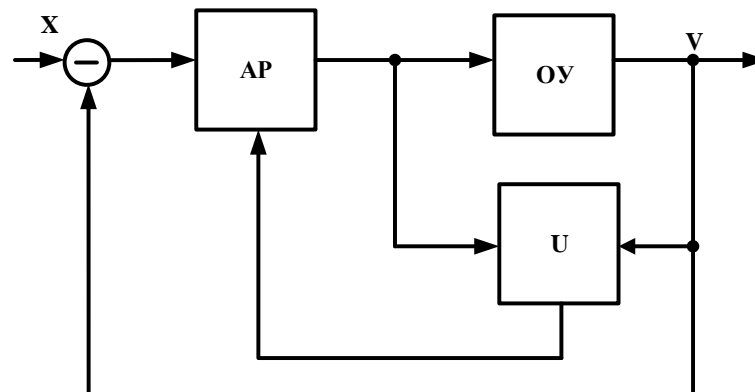


Рисунок 1.3 – Функціональна схема АСІ: АР – адаптивний регулятор, ОУ – об'єкт управління, U – ідентифікатор; V, U, X – можуть бути вектори. Об'єкт може бути багатоканальним.

Розглянемо роботу системи. У разі незмінних параметрів об'єкта, структура і параметри адаптивного регулятора не змінюються, діє головний зворотній зв'язок, система являє собою систему стабілізації.

Якщо параметри об'єкта змінюються, то вони оцінюються ідентифікатором в реальному часі і відбувається зміна структури і параметрів адаптивного регулятора так, щоб поведінка системи залишалася незмінною. Основні вимоги пред'являються до ідентифікатора (швидкодія і т.і.) і до самого алгоритму ідентифікації. Такий клас систем використовують для управління об'єктами з повільними нестационарностями.

Якщо ми маємо нестационарний об'єкт загального вигляду:

$$\dot{x} = A(t) \cdot x + B(t) \cdot U, \quad (1.3)$$

де $x \in R^n$, $u \in R^m$.

Найпростіший адаптивний вигляд буде наступним:

$$U = -k(t) \cdot x + k(t) \cdot V = k(t) \cdot [V - x]. \quad (1.4)$$

Вимоги, які висуваються до системи:

$$\dot{x} = A^* \cdot x + B^* \cdot V, \quad (1.5)$$

де $V \in R^m$, A^* і B^* – матриці постійних коефіцієнтів.

Реально ми маємо:

$$\dot{x} = A(t) \cdot x + B(t) \cdot k(t) \cdot V - B(t) \cdot k(t) \cdot x \quad (1.6)$$

або

$$\dot{x} = [A(t) - B(t) \cdot k(t)] \cdot x + B(t) \cdot k(t) \cdot V \quad (1.7)$$

Якщо прирівняти (1.5) і (1.7), то отримаємо співвідношення для визначення параметрів регулятора:

$$\begin{cases} A(t) - B(t) \cdot k(t) = A^* \\ B(t) \cdot k(t) = B^* \end{cases} \Rightarrow k(t) \quad (1.8)$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

2) Адаптивні системи з еталонною моделлю (АСЕМ). У таких системах існує еталонна модель (ЕМ), яка ставиться паралельно об'єкту.

Розглянемо роботу системи. У тому випадку, коли параметри об'єкта не змінюються або процеси на виході відповідають еталонним, помилка $\Delta = y - y_m = 0$, не працює блок адаптації і не перебудовується адаптивний регулятор, в системі діє плавний зворотний зв'язок.

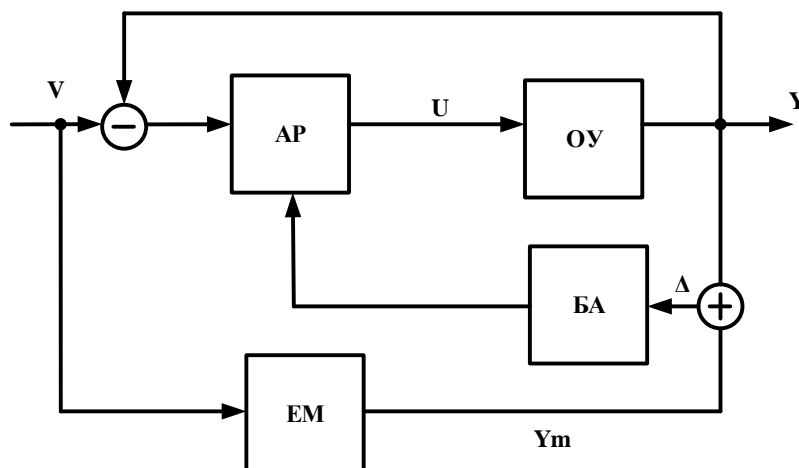


Рисунок 1.4 – Функціональна схема АСЕМ: БА – блок адаптації

Якщо поведінка відмінна від еталонної, це відбувається при зміні параметрів об'єкта, в цьому випадку з'являється помилка $\Delta = y - y_m \neq 0$, включається блок адаптації, перебудовується структура адаптивного регулятора, таким чином, щоб звести до еталонної моделі об'єкта.

Блок адаптації повинен зводити помилку до нуля ($\Delta(t) \rightarrow 0$).

Алгоритм, який закладається в блок адаптації, формується різними способами, наприклад, з використанням другого методу Ляпунова:

$$\begin{cases} V(\Delta) > 0, V(0) = 0 \\ \dot{V}(\Delta) < 0, \dot{V}(0) = 0 \end{cases} \quad (1.9)$$

Якщо це буде виконуватись, то система буде асимптотично стійкою при $\Delta(t) \rightarrow 0$.

1.1.2 Принципи функціонування адаптивних систем. За [5] адаптивні системи функціонують згідно наступним принципам.

1. Принцип необхідного різноманіття. Цей принцип стверджує, що різноманіття керуючої системи повинно бути не менше ніж різноманіття об'єкта керування. На відміну від адаптивних інші («неадаптивні») системи керування повинні для підтримки властивості керування об'єктом складатися з невеликої кількості елементів. Для адаптивних систем мається на увазі відсутність визначеного стаціонарного закону управління для елементів заданого класу. В процесі функціонування системи чим більше виявляється її різноманіття, тим в більшій мірі повинні відбуватися зміни її параметрів та структури.

2. Принцип дуального керування. Керуючий вплив носить двоїстий характер. З одного боку, вони покликані керувати об'єктом, з другого боку вслуговують для вивчення її властивостей та закономірностей для наступних керуючих впливів. Тобто, структура керуючих впливів повинна змінюватись у відповідності з змінами параметрів системи об'єкта керування.

3. Принцип зворотного зв'язку. За допомогою зворотного зв'язку відбувається зміна характеристик об'єкта, що керується, та формуються реакції, що є керуючими діями.

1.1.3 Класифікація адаптивних систем. На сьогодні існує декілька видів класів адаптивних систем. Це, в першу чергу, що пов'язано з ознаками, за якими здійснюється їх класифікація.

За характером змін в пристрої керування адаптивні системи поділяють на дві великі групи: самоналагоджувальні (змінюються тільки значення параметрів регулятора) та ті, що самоорганізуються (змінюється структура самого регулятора). В системах адаптації, що самоорганізуються, адаптація здійснюється шляхом вибору структури, тобто вибору коригуючої ланки або їх комбінацій з набору визначеної кількості ланок структури, що має здатність до змін, основного керуючого пристрою, а далі відбувається самоналаштування параметрів побудованої структури. Такі системи забезпечують необхідну якість керування при більш широких діапазонах змін властивостей об'єкта та зовнішніх умов ніж системи, що самоналагоджуються, але вони набагато складніші.

За способом вивчення об'єкта системи поділяються на пошукові та безпошукові. В першій групі найбільш відомі екстремальні системи, метою керування яких є підтримка системи в точці екстремума статичних характеристик об'єкта. В таких системах для визначення керуючих впливів, що забезпечують прибли-

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

ження до екстремуму, до керуючого сигналу додають пошуковий сигнал. Безпошукові адаптивні системи управління за способом одержання інформації для підстроювання параметрів регулятора поділяються на системи з еталонною моделлю (ЕМ) та ідентифікатором. Останні в літературі іноді називають системами з моделлю, що настроюється (НМ). Адаптивні системи з ЕМ мають в своєму складі динамічну модель системи, що володіє необхідною якістю.

Адаптивні системи з ідентифікатором поділяються за способом управління на прямий та непрямий. При непрямому адаптивному керуванні спочатку виконується оцінювання параметрів об'єкта, після чого на основі одержаних оцінок визначаються необхідні значення параметрів регулятора та виконується їх підстроювання. При прямому адаптивному керуванні завдяки врахуванню взаємозв'язку параметрів об'єкта та регулятора виконується безпосереднє оцінювання та підстроювання параметрів регулятора, чим виключається етап ідентифікації параметрів об'єкта.

За способом досягнення ефекту самоналаштування системи з моделлю поділяються на системи з сигнальною (пасивною) і параметричною (активною) адаптацією. У системах з сигнальною адаптацією ефект самоналаштування досягається без зміни параметрів керуючого пристрою за допомогою компенсуючих сигналів. Системи, що поєднують в собі обидва види адаптації, називають комбінованими.

В залежності від характеру електричних сигналів системи можуть бути: безперервними, з гармонійними сигналами і дискретні. Дискретні в свою чергу, можуть бути релейними, імпульсними або цифровими. На сьогодні широкого поширення набули цифрові системи управління, що володіють, перш за все високою точністю.

1.2 Класифікація систем передачі повідомлень зі зворотним зв'язком

В усіх промислово розвинених країнах велика увага приділяється розвитку техніки електричної доставки повідомлень від відправника (джерела) до одержувача і створення систем і мереж зв'язку, що представляють собою інформаційну інфраструктуру народного господарства. Для передачі повідомлень від джерела до одержувача, які можуть бути рознесені в просторі і (або) в часі, необхідне середовище, яке в змозі передавати сигнали будь-якої фізичної природи. Таким чином, загальна схема системи передачі інформації (СПІ) може бути

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

представлена як «джерело повідомлень - середовище - одержувач повідомлень». Передавальним середовищем зазвичай є технічні засоби та фізичне середовище, які здатні сприймати повідомлення і перетворювати його в фізичний процес, який називають сигналом. Зворотне перетворення сигналу в повідомлення здійснюється на стороні одержувача технічними засобами. Перетворення повідомлень в сигнал і навпаки повинні проводитися без втрат інформації.

Найпростішою системою передавання даних є система без зворотного зв'язку. Структура такої системи наведена на рисунку 1.5.

Системи передачі без зворотного зв'язку використовують симплексний канал зв'язку і підрозділяються на системи передачі простим кодом, системи з кодом, що виправляє помилки, і системи з повторенням передачі інформації.

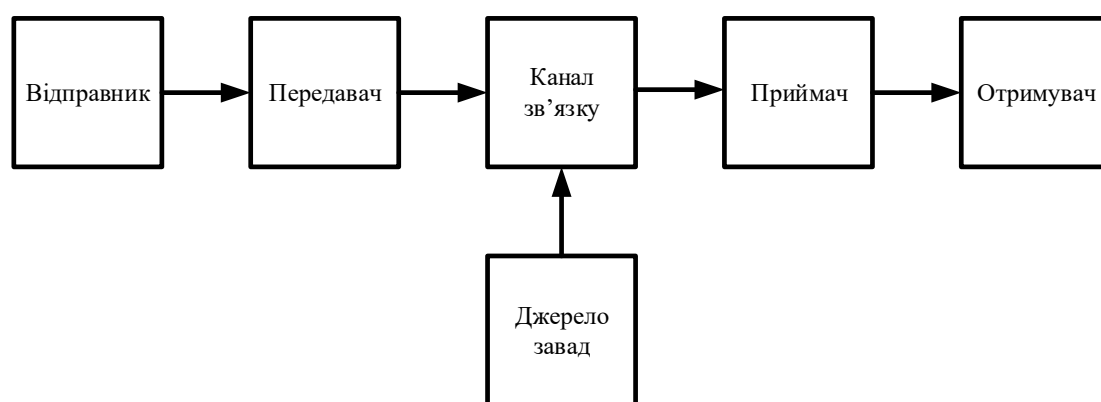


Рисунок 1.5 – Блок-схема системи передачі інформації

Перевагою систем передачі інформації без зворотного зв'язку є значне зменшення апаратних витрат та більш висока швидкість передачі даних від відправника до одержувача інформації.

Системи передачі інформації без зворотного зв'язку доцільно застосовувати в тих випадках, коли немає можливості побудови каналів зворотного зв'язку, або в системах, де застосування зворотного зв'язку є недоцільним.

Недоліком систем передачі інформації без зворотного зв'язку є необхідність застосування завадостійких кодів з великою надлишковістю, що призводить до зменшення швидкості передавання даних.

Доцільніше застосовувати системи передавання даних з зворотним зв'язком.

У системах зі зворотним зв'язком передавач з приймачем з'єднані прямим і зворотним каналами електрозв'язку, причому передавач при введенні надмірнос-

ті і виборі необхідного режиму роботи використовує інформацію про стан прямого капала, що отримується з зворотного каналу.

У системах з ЗЗ є можливість отримувати по зворотному каналу електрозв'язку інформацію про конкретний характер помилок на кожному окремому відрізьку повідомлення і в міру його передачі змінювати надмірність, яка додається до коду, і режим прийому сигналів. В результаті такого методу передачі сигналів даних можна істотно підвищити вірність обміну даними при більшій середній швидкості передачі або меншій затримці повідомлень.

Значний вигравш в системах зі зворотним зв'язком досягається при незалежності помилок в прямому і зворотному каналах і в разі використання зворотного каналу, що характеризується значно меншою ймовірністю помилкового прийому сигналів, ніж в прямому каналі. Побудова систем з ОС часто полегшується тим, що між двома пунктами, як правило, є двосторонній зв'язок.

Існує велика кількість способів побудови зворотного каналу, деякі з них можна розглянути на рисунку 1.6. У варіанті I зворотний зв'язок охоплює тільки лінію зв'язку. У варіантах II і III зворотний зв'язок підключений після вирішального пристрою. Варіант III відрізняється тим, що зворотний зв'язок охоплює всю систему.

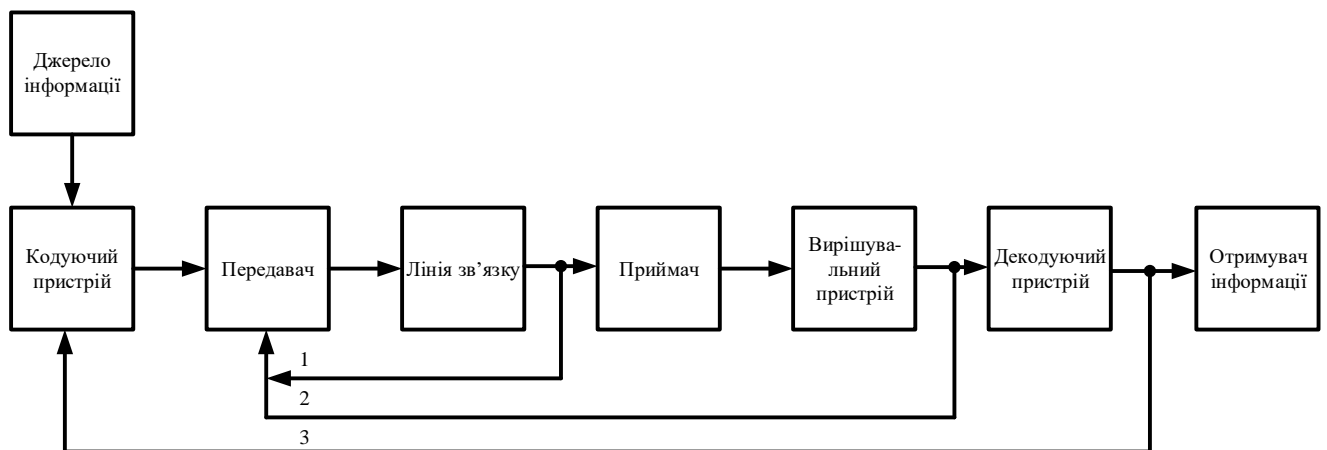


Рисунок 1.6– Способи побудови каналів зворотного зв'язку

Залежно від способу використання зворотного каналу системи зі зворотним зв'язком можуть бути розділені на два основних типи:

- системи з інформаційної зворотним зв'язком (системи з порівнянням);
- системи з вирішальним зворотним зв'язком (системи з перепитуванням).

Колектив авторів В.І. Васильєв, А.П. Буркін, В.А. Свириденко в навчальному посібнику «Системи зв'язку» пропонують таку класифікацію СПД і відзначають, що за алгоритмом роботи системи з СЗЗ діляться на наступні основні різновиди:

1. Системи з очікуванням сигналу зворотного зв'язку (СЗЗ-ОЧ).
2. Системи з послідовною передачею комбінацій (СЗЗ-ПП).
 - а) СЗЗ-ППзп - системи зі зміною порядку проходження комбінацій;
 - б) СЗЗ-ППбл - системи з блокуванням приймача на h комбінацій після виявлення помилкової комбінації і з повторенням при запиті блоку з h комбінацій;
 - в) СЗЗ-ППкз - системи з контролем заблокованих комбінацій;
3. Системи з тривалим нагромадженням правильно прийнятих комбінацій (СЗЗ-НК);
4. Системи з адресним перепитуванням (СЗЗ-АП).

Одним із шляхів підвищення ефективності систем передачі інформації є адаптація, яка застосовується з різною метою. Однією з перспективних представляється задача підтримки заданої вірності передачі інформації за умови максимальної швидкості передачі. "Адаптивні системи передачі інформації" можна визначити як системи, цілеспрямовано і найкращим чином з точки зору обраного критерію ефективності, що змінюють свої характеристики в залежності від умов передачі в каналі зв'язку.

Відповідно до такого визначення однієї з найбільш характерних частин адаптивної системи передачі інформації є пристрій контролю стану каналу. Контроль стану каналу зв'язку включає в себе два етапи: вимірювання характеристик каналу і винесення за тим чи іншим критерієм на підставі проведених вимірювань рішення про його стан, тому і пристрій контролю стану (ПКСК) можна розділити на пристрій вимірювання характеристик каналу (ПВК) і вирішальний пристрій контролю (ВПК) - Складність і алгоритм функціонування пристрою вимірювання (ПВК) визначається в основному тим, які характеристики каналу використовуються в процесі вимірювання. Можна виділити два основних види ПВК: по-перше, ПВК, які використовують для оцінки стану дискретного каналу параметри дискретного каналу (спотворення символу, кодового слова і т. і.), І, по-друге, ПВК, які використовують для оцінки стану дискретного каналу параметри безперервного каналу (крайові спотворення, дроблення, зміни рівня сигналу і т. і.). Використання другого виду ПВК, зрозуміло, краще з точки зору вірності контролю в порівнянні з першим, але його реалізація значно складніша і,

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

крім того, вимагає ретельного вивчення характеристик безперервного каналу і впливу їх на ймовірність спотворення символу в каналі зв'язку. Аналізуючи можливі варіанти побудови ПКСК, доцільно ввести поняття типу контролю, стану каналу зв'язку, який істотно впливає на вірність оцінки стану каналу і основні показники адаптивної системи. За типом контролю розрізняють:

- 1) системи, в яких ВПК приймають рішення за результатами вимірювань, проведених за час проходження каналом зв'язку однієї кодової комбінації;
- 2) системи, у яких час вимірювання, необхідний для прийняття рішення, визначається часом передачі послідовності кодових комбінацій (вибірки), яка може бути як фіксованою довжини, так і змінної в залежності від стану каналу в момент вимірювання і рішень ВПК [9].

ПКСК безперервного каналу використовує контроль першого типу, причому рішення приймається за оцінками ймовірності спотворення символу в залежності від числа символів, які потрапили в зону нерозрізненості або символів «стирання», т. і. Вірність передачі повідомлення залежить від двох чинників: стану каналу зв'язку, що визначається ПКСК , і можливістю виправлення всіх помилок в цьому стані. Таким чином, можна, не змінюючи надмірності коду, міняти лише спосіб її використання з метою підвищення швидкості передачі.

Залежно від місця контролю стану каналу зв'язку адаптивні системи передачі інформації можна розрізнити наступним чином:

- 1) системи, в яких ПКСК знаходиться на приймальній стороні, а рішення ВПК повідомляються на передавальну сторону зворотним каналом;
- 2) системи, в яких ПКСК знаходиться на передавальній стороні (причому для вимірювання характеристик каналу використовуються, наприклад, запити на повторення або будь-яка інша узагальнена інформація), рішення ж ВПК передається прямим каналом і використовується при перебудові приймальної апаратури;
- 3) системи, в яких ПКСК знаходиться як на приймальній, так і на передавальній сторонах, самостійно змінюючи характеристики передачі в певні моменти часу. Таке розбиття диктується перш за все міркуваннями важливості безпомилкової передачі рішення ВПК, спотворення якого веде до розладу приймально-передавальної апаратури.

Тип контролю і місце контролю стану каналу зв'язку визначають структурні особливості адаптивних систем передачі інформації, поряд з якими можна

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

виділити також ступінь використання рішень, що виносяться вирішальним пристроєм контролю (ВПК), та відповідно розбити СПІ на три основні групи.

До першої групи належать найпростіші адаптивні системи передачі інформації, які характеризуються тим, що результати контролю стану каналу зв'язку не використовуються для активної перебудови апаратури, а служать лише для повторення спотвореної інформації. Це - так звані системи зі зворотним зв'язком: з вирішальним зворотним зв'язком (ВЗЗ), в яких використовується контроль першого типу, тобто рішення приймається за результатами прийому однієї кодової комбінації і проводиться він на приймальній стороні, і з інформаційним зворотним зв'язком (ІЗЗ) - системи з контролем також першого типу, але на передавальній стороні. До цієї ж групи примикають системи з так званим адресним перепитуванням, в яких після прийому послідовності кодових комбінацій зворотним каналом посилаються номери (в порядку отримання) тих комбінацій, які були визнані спотвореними і які слід повторити (контроль другого типу на приймальній стороні) .

До другої групи систем належать адаптивні системи передачі інформації, що використовують рішення ВПК для перебудови декодуючого пристрою тільки на приймальній стороні. Особливістю цих систем (з адаптивним декодуванням) є те, що для них наявність зворотного каналу не обов'язкова.

Третя група систем - це системи з кодуючим пристроєм (КП) та декодуючим пристроєм (ДП), що перебудовуються. З відомих систем до неї належать, зокрема, системи зі змінною надмірністю.

Слід зазначити, що декодуючі пристрої, що ефективно виправляють помилки, особливо якщо довжина кодового слова досить велика, є складними пристроями. І, відповідно, виникає задача вибору оптимальної структури адаптивної системи передавання інформації.

1.3 Класифікація кодів, що застосовуються в системах передачі даних

Як відомо, передача інформації від об'єкта до адресата проводиться за допомогою сигналів. Для того щоб сигнали були однозначно зрозумілі, їх необхідно складати за правилом, яке строго фіксоване протягом всього часу передачі даної групи повідомлень. Правило (алгоритм), зіставляє кожному конкретному повідомленню строго певну комбінацію різних символів, яка називається кодом, а процес перетворення повідомлення в комбінацію різних символів або відпові-

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

дних їм сигналів - кодуванням. Послідовність символів, яка в процесі кодування присвоюється кожному з множин переданих повідомлень, називається кодовим словом. Символи, за допомогою яких записано передане повідомлення, складають первинний алфавіт, а символи, за допомогою яких повідомлення трансформуються в код, - вторинний алфавіт. Процес відновлення змісту по даному коду називається декодуванням. Необхідною умовою декодування є взаємно однозначна відповідність кодових слів у вторинному алфавіті кодується символів первинного алфавіту.

У каналах з перешкодами найкращим варіантом підвищення достовірності передачі повідомлень є завадостійке кодування. Воно засноване на застосуванні спеціальних кодів, які виявляють, і, навіть, виправляють помилки, викликані впливом перешкод. Код називається коригувальним, якщо він дозволяє виявляти або виявляти і виправляти помилки в прийнятих повідомленнях.

Для того щоб код володів коригувальними здібностями, в кодовій послідовності повинні міститися додаткові (надлишкові) символи, призначені для коригування помилок. Чим більше надмірність коду, тим вище його коригувальна здатність.

В даний час відома велика кількість коригувальних кодів, що відрізняються як принципами побудови, так і основними характеристиками. Розглянемо їх найпростішу класифікацію, що дає уявлення про основні групи, до яких належить велика частина відомих кодів [11]. На рис. 1.7 наведена схема, яка пояснює класифікацію, проведену за способами побудови коригувальних кодів.

На рисунку 1.8 наведені основні характеристики кодів.

Всі відомі на сьогодні коди можуть бути розділені на дві великі групи: блокові і безперервні. Блокові коди характеризуються тим, що послідовність переданих символів розділена на блоки, операції кодування і декодування в кожному блоці виконується окремо. Відмінною особливістю безперервних кодів є те, що первинна послідовність символів, яка несе інформацію, безперервно перетворюється за певним законом в іншу послідовність, що містить надмірну кількість символів. Тут процеси кодування і декодування не вимагають поділу кодових символів на блоки.

Різновидами як блокових, так і неперервних кодів є розділові і нерозділові коди. У розділових кодах завжди можна виділити інформаційні символи, що містять інформацію, яка передається, і контрольні (перевірочні) символи, які є

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

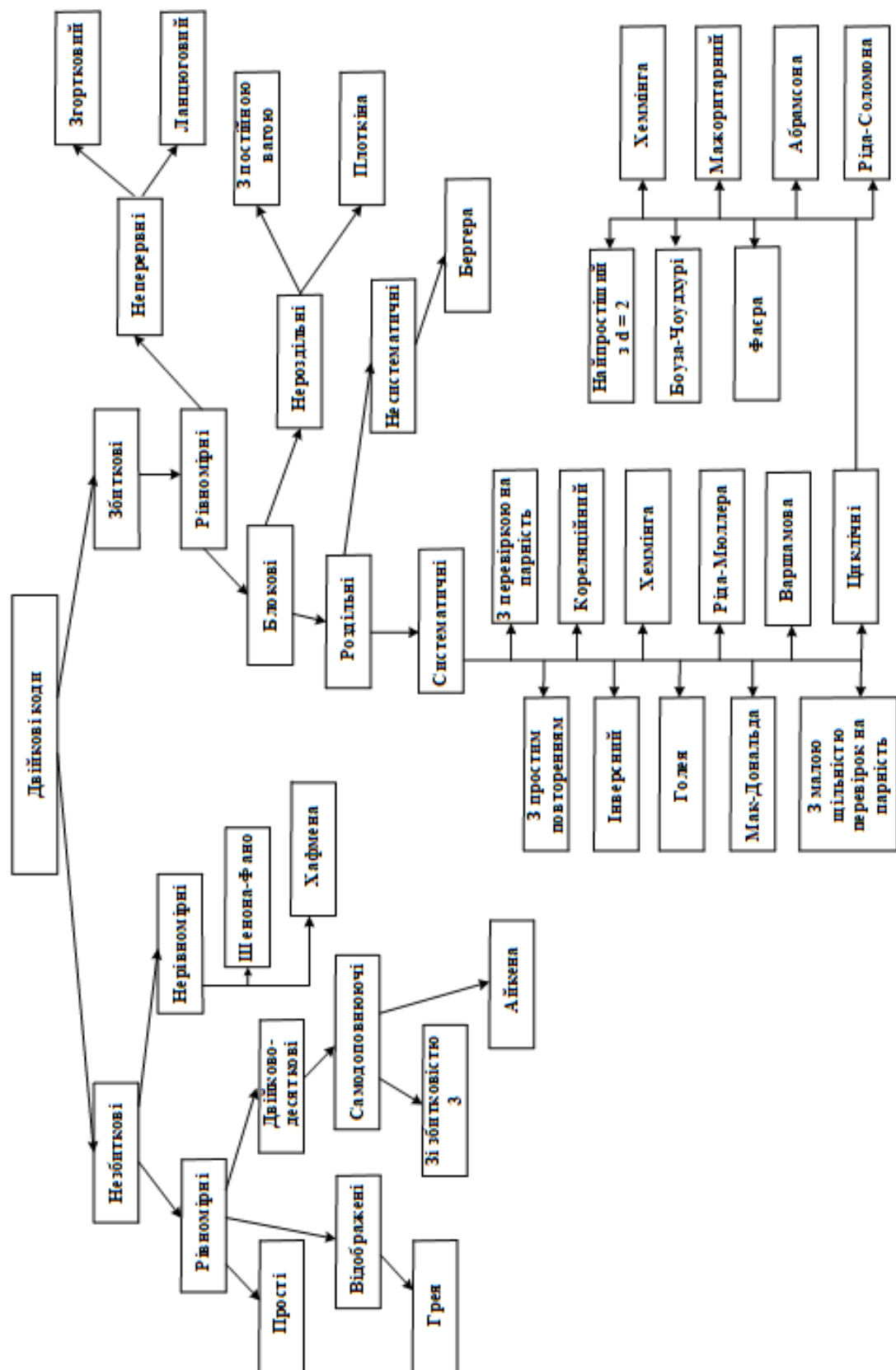


Рисунок 1.7 - Класифікація двійкових кодів

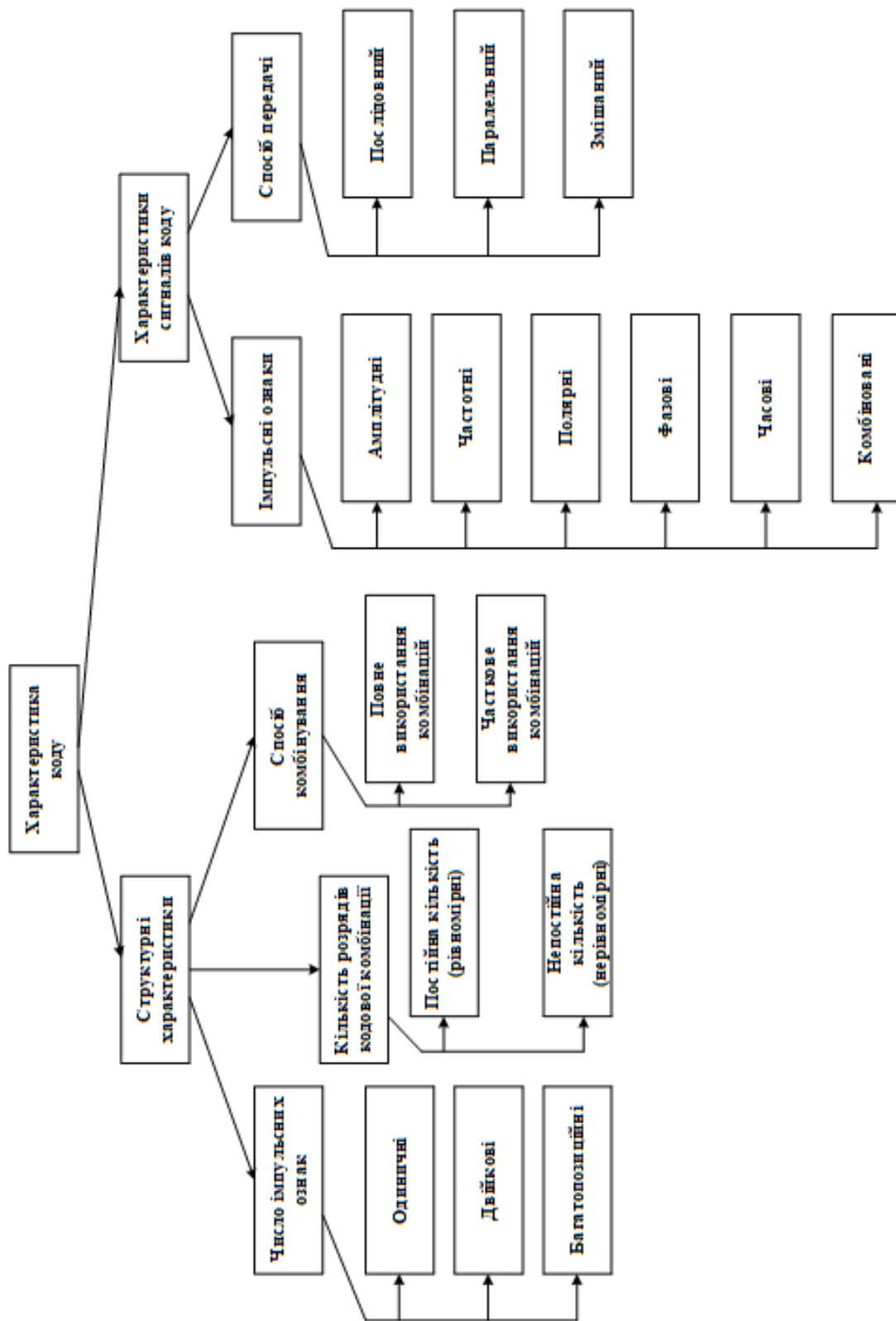


Рисунок 1.8 - Характеристики кодів

надлишковими і служать виключно для корекції помилок. У нерозділових кодах такий поділ символів провести неможливо.

Найбільш чисельний клас розділових кодів складають лінійні коди. Основна їх особливість полягає в тому, що контрольні символи утворюються як лінійні комбінації інформаційних символів.

У свою чергу, лінійні коди можуть бути розбиті на два підкласи: систематичні і несистематичні. Всі двійкові систематичні коди є груповими. Останні характеризуються належністю кодових комбінацій до групи, що володіє тією властивістю, що сума по модулю два будь-якої пари комбінацій знову дає комбінацію, що належить цій групі. Лінійні коди, які не можуть бути віднесені до підкласу систематичних, називаються несистематичними.

1.4 Постановка завдання

У випускній роботі необхідно побудувати систему комбінаторного кодування на основі мажоритарних кодів, яка буде мати в своєму складі канал зворотного зв'язку для передачі сигналів про виявлення помилок і подальше регулювання параметрів кодової передачі.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Для правильної передачі інформації використовують завадостійкі коди. Таким чином, основною характеристикою системи передачі даних є завадостійкість.

Завадостійкістю називається здатність системи здійснювати прийом інформації в умовах наявності перешкод в лінії зв'язку. Завадою називається стороннє збурення, що діє в системі і перешкоджає правильному прийому сигналів.

Завади бувають промислові і атмосферні, закономірні і випадкові, внутрішні і зовнішні. Промислові завади виникають при роботі двигунів верстатів, ліфтів і кранів, зварювальних апаратів, рентгенівських установок. До промислових відносять також завади, що утворюються завдяки роботі міського електротранспорту. Атмосферні завади - блискавки, пилові і снігові бурі, північне сяйво, іній на антені і навіть сонячне випромінювання (в УКХ діапазоні).

Якщо завада регулярна, то неважко знайти їй протидію. Спільними методами боротьби з регулярними завадами є: методи накопичення сигналів, побудова кодів з властивостями виявленням і виправленням помилок, перевищення рівня сигналу над рівнем шумів та ін.

Якщо перешкода випадкова, то боротися з нею важче. Випадкові перешкоди поділяються на адитивні та мультиплікативні.

Адитивною називається перешкода, яка підсумовується з сигналом. Адитивна перешкода існує незалежно від сигналу і може спостерігатися як при наявності сигналу, так і при його відсутності. Дія адитивної перешкоди характеризується величиною

$$U_a(t) = U_c(t) + U_\xi(t), \quad (2.1)$$

де U_c та U_ξ — напруга відповідно сигналу та завади

Найбільш універсальна причина адитивної перешкоди - флуктуації, тобто коливання випадкових величин біля їх середнього значення. Прикладом флуктуації може бути броунівський рух молекул, дробовий ефект в електронних лампах і ін. Флуктуаційна завада принципово непереборна. Боротися з нею можна, застосовуючи хороші схеми і режими, але повністю її усунути не можна.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Мультиплікативна перешкода виявляється тільки при передачі сигналів, і дія її полягає в багаторазовому їх посиленні або ослабленні. Природа мультиплікативної завади полягає в випадковій зміні параметрів каналу зв'язку. Наприклад, добове і сезонне поширення коротких хвиль, федінг, тощо. Дія мультиплікативної завади може характеризуватися наступною величиною:

$$U_M(t) = \gamma U_c(t), \quad (2.2)$$

де γ — деякий коефіцієнт, що враховує зміну параметрів каналу зв'язку.

Перераховані завади називаються зовнішніми. Внутрішні завади створюються приймально-передавальною апаратурою і усуваються як конструктивними, так і схемними рішеннями. Наприклад, екранують реле, фільтри, ставлять розв'язки ланцюгів і т. і.

Система передачі інформації А зазвичай вважається більш завадостійкою, ніж система передачі інформації В, якщо при однаковому рівні завад і однаковій потужності переданих сигналів сигнали, прийняті системою А, будуть більше схожі на передані, ніж сигнали, прийняті системою В.

При аналізі інформаційних систем розрізняють стійкість системи до помилкових спрацьовувань від перешкод в лінії зв'язку в той момент, коли інформація не передається (статична завадостійкість) і здатність системи виділяти корисні сигнали з шумів (динамічна завадостійкість). Статичну стійкість оцінюють середнім числом помилкових сигналів, утворених з перешкод за одиницю часу, а динамічну - середнім числом помилкових команд, утворених з переданих за одиницю часу (включаючи пропущені сигнали).

Статичну завадостійкість системи підвищують шляхом збільшення кількості імпульсів на повідомлення, ускладнення кодів і збільшення числа якісних ознак. Динамічна завадостійкість збільшується в напрямку подовження елементарної послідовності коду, спрощення коду та зменшення кількості імпульсів на повідомлення.

Дію завад в дискретних системах можна звести до того, що із загальної множини сигналів певна їх кількість замінюється іншими. В результаті цього при передачі a_i -го сигналу замість b_i -го виходить b_j сигнал. Завадостійкість дискретної системи може бути охарактеризована набором умовних ймовірностей, записаних у вигляді каналної матриці, за допомогою матриці ймовірностей су-

місних подій і ін. Однак який би спосіб ми не вибрали, умовна ймовірність переходу одних сигналів в інші буде присутня в тому чи іншому вигляді.

Збірним параметром, що характеризує завадостійкість системи, може служити деяка середня невизначеність прийнятого повідомлення відносно переданого:

$$H = -(1 - p_{\text{ош.ср}}) \log(1 - p_{\text{ош.ср}}) - p_{\text{ош.ср}} \log p_{\text{ош.ср}}, \quad (2.3)$$

де $p_{\text{ош.ср}}$ – середня імовірність помилкового прийому.

Так як підвищення статичної завадостійкості зазвичай пов'язане зі збільшенням кількості символів в повідомленні і ускладненні кодів, то в загальному випадку можна сказати, що статична завадостійкість підвищується за рахунок збільшення надлишковості.

Для того щоб в прийнятому повідомленні можна було виявити помилку це повідомлення повинно володіти деякою надлишковою інформацією, що дозволить відрізнити помилковий код від правильного. Для того щоб спотворення будь-якого з символів повідомлення призвело до забороненої комбінації, необхідно в коді виділити комбінації, що відрізняються одна від одної в ряді символів, частину з цих комбінацій заборонити і тим самим ввести в код надлишковість.

Якщо ентропія джерела повідомлень не дорівнює максимальній ентропії для алфавіту з даною кількістю якісних ознак (маються на увазі якісні ознаки алфавіту, за допомогою яких складаються повідомлення), то це перш за все означає, що повідомлення даного джерела могли б нести більшу кількість інформації.

Абсолютна недовантаження на символ повідомлень такого джерела:

$$\Delta D = (H_{\text{макс}} - H) \text{ бит / символ} \quad (2.4)$$

Для визначення кількості «зайвої» інформації, яка закладена в структурі алфавіту або в природі коду, вводиться поняття надмірності. Надмірність, з якою ми маємо справу в теорії інформації, не залежить від змісту повідомлення і зазвичай задалегідь відома зі статистичних даних. Інформаційна надмірність показує відносну недовантаження на символ алфавіту і є безрозмірною величиною:

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$D = \frac{H_{\max} - H}{H_{\max}} = 1 - \frac{H}{H_{\max}}, \quad (2.5)$$

де $\frac{H}{H_{\max}} = \mu$ – коефіцієнт стиснення (відносна ентропія). H та H_{\max} беруться відносно одного і того ж алфавіту.

Крім загального поняття надмірності існують спеціальні види надмірності. Надмірність, обумовлена нерівноймовірним розподілом символів в повідомленні:

$$D_p = 1 - \left(\frac{-\sum_i p_i \log_2 p_i}{\log_2 m} \right). \quad (2.6)$$

Надмірність, викликана статистичним зв'язком між символами повідомлення:

$$D_s = 1 - \left[\frac{-\sum_i \sum_j p(a_i) p(b_j / a_i) \log_2 p(b_j / a_i)}{-\sum_i p_i \log_2 p_i} \right]. \quad (2.7)$$

Повна інформаційна надмірність:

$$D = D_s + D_p - D_s D_p. \quad (2.8)$$

Надмірність, яка закладена в природі даного коду, виходить в результаті нерівномірного розподілу в повідомленнях якісних ознак цього коду і не може бути задана однією цифрою на підставі статистичних випробувань.

Так при передачі десяткових цифр двійковим кодом максимально завантаженими бувають тільки ті символи вторинного алфавіту, які передають значення, що є цілочисельними ступенями двійки. В інших випадках тією ж кількістю символів може бути передана більша кількість цифр (повідомлень). Наприклад, трьома двійковими розрядами ми можемо передати і цифру 5, і цифру 8, тобто на передачу п'яти повідомлень витрачається стільки ж символів, скільки витрачається і на вісім повідомлень.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Фактично для передачі повідомлення достатньо мати довжину кодової комбінації:

$$L \geq \frac{\log_2 N}{\log_2 m}, \quad (2.9)$$

де N – загальна кількість переданих повідомлень.

L можна подати як:

$$L \geq \frac{\log_2 m_1}{\log_2 m_2}, \quad (2.10)$$

де m_1 та m_2 – відповідно якісні ознаки первинного та вторинного алфавітів.

Однак цю цифру необхідно округлити до найближчого цілого числа, так як довжина коду не може бути виражена дробовим числом. Округлення, природно, проводиться в більшу сторону. У загальному випадку, надмірність від округлення:

$$D_0 = \frac{k - \varphi}{k}, \quad (2.11)$$

де $\varphi = \frac{\log_2 m_1}{\log_2 m_2}, k$ – округлене до найближчого цілого числа значення φ .

Надмірність - не завжди небажане явище. Для підвищення завадостійкості кодів надмірність необхідна і її вводять штучно у вигляді додаткових r символів. Якщо в коді всього n розрядів і k з них несуть інформаційне навантаження, то $r = n - k$ характеризує абсолютну коригувальну надмірність, а величина $D_k = \frac{n-k}{k}$ характеризує відносну коригувальну надмірність.

Розрахуємо і побудуємо графік залежності коригувальної здатності r від довжини кодової комбінації n для мажоритарних кодів.

Мажоритарні коди використовують можливість знаходження будь-якої точки площини системою комбінаторних координат. У побудованому коді число контрольних символів k дорівнює числу координат, а загальне число інформаційних символів m - числу комбінацій з k по 2 [11]:

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$m = C_k^2 = \frac{1}{2} \cdot k(k-1) \quad (2.12)$$

У місцях перетину координатних шин розташовують інформаційні, а у вигинів - перевірочні символи, використовуючи при цьому принцип перевірок на парність.

Загальна кількість символів n , що складають кодову групу, дорівнює [11]:

$$n = m + k = C_k^2 + k = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (k+1) \quad (2.13)$$

Знаючи число інформаційних символів, можна визначити число перевірочних:

$$k = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 2 \cdot m} \quad (2.14)$$

$$m = 4 \quad \left[\frac{1}{2} + 4 + \sqrt{8,25} \right] = [4,5 + 2,87] = [7,37] = 8$$

$$r = 4 \quad D_k = 1$$

$$m = 5 \quad \left[\frac{1}{2} + 5 + \sqrt{10,25} \right] = [5,5 + 3,2015] = [8,7015] = 9$$

$$r = 4 \quad D_k = 0,8$$

$$m = 6 \quad \left[\frac{1}{2} + 6 + \sqrt{12,25} \right] = [6,5 + 3,5] = [10] = 10$$

$$r = 4 \quad D_k = 0,(6)$$

$$m = 7 \quad \left[\frac{1}{2} + 7 + \sqrt{14,25} \right] = [7,5 + 3,77] = [11,27] = 12$$

$$r = 5 \quad D_k = 0,71$$

$$m = 8 \quad \left[\frac{1}{2} + 8 + \sqrt{16,25} \right] = [8,5 + 4,03] = [12,53] = 13$$

$$r = 5 \quad D_k = 0,625$$

$$m = 9 \quad \left[\frac{1}{2} + 9 + \sqrt{18,25} \right] = [9,5 + 4,27] = [13,71] = 14$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$r = 5 \quad D_k = 0,(5)$$

$$m = 10 \quad \left[\frac{1}{2} + 10 + \sqrt{20,25} \right] = [10,5 + 4,5] = 15$$

$$r = 5 \quad D_k = 0,5$$

$$m = 11 \quad \left[\frac{1}{2} + 11 + \sqrt{22,25} \right] = [11,5 + 4,72] = [16,22] = 17$$

$$r = 6 \quad D_k = 0,(54)$$

$$m = 12 \quad \left[\frac{1}{2} + 12 + \sqrt{24,25} \right] = [12,5 + 4,92] = [17,42] = 18$$

$$r = 6 \quad D_k = 0,5$$

$$m = 13 \quad \left[\frac{1}{2} + 13 + \sqrt{26,25} \right] = [13,5 + 5,12] = [18,62] = 19$$

$$r = 6 \quad D_k = 0,46$$

$$m = 14 \quad \left[\frac{1}{2} + 14 + \sqrt{28,25} \right] = [14,5 + 5,32] = [19,82] = 20$$

$$r = 6 \quad D_k = 0,4285$$

$$m = 15 \quad \left[\frac{1}{2} + 15 + \sqrt{30,25} \right] = [15,5 + 5,5] = [21] = 21$$

$$r = 6 \quad D_k = 0,4$$

$$m = 16 \quad \left[\frac{1}{2} + 16 + \sqrt{32,25} \right] = [16,5 + 5,68] = [22,18] = 23$$

$$r = 7 \quad D_k = 0,4375$$

$$m = 17 \quad \left[\frac{1}{2} + 17 + \sqrt{34,25} \right] = [17,5 + 5,85] = [23,35] = 24$$

$$r = 7 \quad D_k = 0,4117$$

$$m = 18 \quad \left[\frac{1}{2} + 18 + \sqrt{36,25} \right] = [18,5 + 6,02] = [24,52] = 25$$

$$r = 7 \quad D_k = 0,3(8)$$

$$m = 19 \quad \left\lceil \frac{1}{2} + 19 + \sqrt{38,25} \right\rceil = \lceil 19,5 + 6,18 \rceil = \lceil 25,86 \rceil = 26$$

$$r = 7 \quad D_k = 0,3684$$

$$m = 20 \quad \left\lceil \frac{1}{2} + 20 + \sqrt{40,25} \right\rceil = \lceil 20,5 + 6,34 \rceil = \lceil 26,84 \rceil = 27$$

$$r = 7 \quad D_k = 0,35$$

$$m = 21 \quad \left\lceil \frac{1}{2} + 21 + \sqrt{42,25} \right\rceil = \lceil 21,5 + 6,5 \rceil = \lceil 28 \rceil = 28$$

$$r = 7 \quad D_k = 0,(33)$$

$$m = 22 \quad \left\lceil \frac{1}{2} + 22 + \sqrt{44,25} \right\rceil = \lceil 22,5 + 6,65 \rceil = \lceil 29,15 \rceil = 30$$

$$r = 8 \quad D_k = 0,(36)$$

$$m = 23 \quad \left\lceil \frac{1}{2} + 23 + \sqrt{46,25} \right\rceil = \lceil 23,5 + 6,8 \rceil = \lceil 30,3 \rceil = 31$$

$$r = 8 \quad D_k = 0,3478$$

$$m = 24 \quad \left\lceil \frac{1}{2} + 24 + \sqrt{48,25} \right\rceil = \lceil 24,5 + 6,95 \rceil = \lceil 31,44 \rceil = 32$$

$$r = 8 \quad D_k = 0,33$$

Графік здатності коду до корегування представлений на рисунку 2.1.

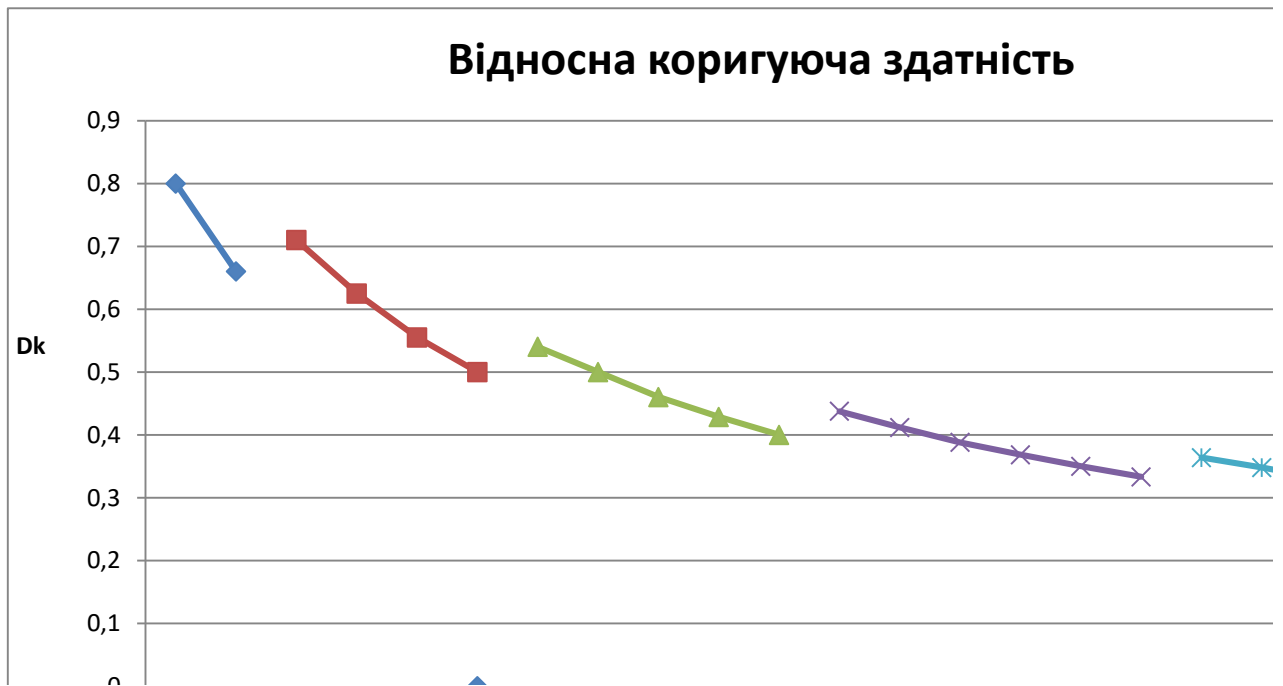


Рисунок 2.1 – Відносна коригувальна здатність мажоритарних кодів

Для більшої наочності результати обчислень представимо у вигляді діаграми:



Рисунок 2.2 – Діаграма відносної коригувальної здатності мажоритарних кодів

Як видно з графіка залежності коригувальної здатності r від довжини кодової комбінації n , зі збільшенням довжини кодової комбінації відносна коригувальна здатність коду зменшується.

Інформаційна надмірність - зазвичай явище природне, закладена вона в первинному алфавіті. Коригувальна надмірність - явище штучне, закладена вона в кодах, представлених у вторинному алфавіті.

Найбільш ефективним способом зменшення надмірності повідомлення є побудова оптимальних кодів.

Оптимальні коди - коди з практично нульовою надмірністю. Оптимальні коди мають мінімальну середню довжину кодових слів - L . Верхня і нижня межі L визначаються з нерівності:

$$\frac{H}{\log m} \leq L \leq \frac{H}{\log m} + 1, \quad (2.15)$$

де H – ентропія первинного алфавіту, m - число якісних ознак вторинного алфавіту.

Надмірність повідомлення говорить про те, що воно могло б містити більшу кількість інформації, якби не багаторазове повторення одного і того ж коду, не додавання до коду його інверсії, що не несе ніякої інформації, якби не штучна заборона частини комбінацій коду і т.і., але всі перераховані види надмірності доводиться вводити для того, щоб можна було відрізнити помилкову комбінацію від правильної. Чим більша надлишковість коду, тим, з одного боку, легше відрізнити його від завади, але, з іншого боку, чим далі код знаходиться від оптимального, тим менша швидкість передачі інформації.

При передачі цифрової інформації розрізняють два поняття швидкості передачі: технічну та інформаційну.

Технічна швидкість характеризує швидкодію апаратури, що входить до складу передавальної частини системи зв'язку. Вона визначається кількістю елементів дискретного повідомлення, переданих в секунду. Технічна швидкість передачі визначається величиною:

$$B = \frac{1}{\tau_0} \text{ [Бод]} \quad (2.16)$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

де τ_0 – тривалість посліжки одного елемента дискретного повідомлення.

Технічну швидкість передачі часто називають швидкістю маніпуляції (модуляції). Знаючи тривалість одиничного інтервалу τ_0 , легко визначити швидкість маніпуляції B і навпаки. Так, при $B = 1000$ Бод = 1кБод $\rightarrow \tau_0 = 1$ мс, або при $\tau_0 = 20$ мс $\rightarrow B = 50$ Бод.

Поряд з технічною швидкістю передачі, в теорії інформації широко застосовуються поняття інформаційної швидкості передачі і пропускної здатності каналу зв'язку. Під інформаційною швидкістю розуміють кількість інформації, що надійшла по лінії зв'язку від джерела інформації до одержувача за одну секунду. Інформаційна швидкість вимірюється числом двійкових одиниць (біт) в секунду. Термін «біт» походить від англійської назви двійкової одиниці - *binary digit*. Швидкість передачі інформації залежить від цілого ряду чинників: технічної швидкості передачі; статистичних властивостей джерела; типу каналу зв'язку; застосовуваних сигналів; рівня перешкод і виду спотворень сигналів в каналі.

Потенційні можливості каналу характеризує його пропускна здатність, яка визначається як верхня межа (або максимум) швидкості передачі інформації.

Необхідно відзначити відмінність у поняттях пропускної здатності каналу (інформаційної швидкості) і технічної швидкості (швидкості маніпуляції).

Пропускна здатність характеризує швидкодію каналу з інформаційної точки зору, а швидкість маніпуляції - технічні можливості апаратури. Пропускна здатність є основною характеристикою при вирішенні задачі узгодження каналу зв'язку з джерелом повідомлень.

Конкретні значення швидкості передачі цифрової інформації і ймовірності помилки істотно залежать від типу каналу зв'язку, виду сигналу і його енергії, рівня перешкод в каналі, вимог до якості передачі і т.і.

Так, при передачі команд, як правило, пред'являються дуже високі вимоги до достовірності і порівняно невисокі вимоги до швидкості передачі (ймовірність спотворення команди іноді не повинна перевищувати $10^{-6} - 10^{-8}$, а час передачі команди може бути значним - близько секунди). Дискретні команди в деяких системах управління повинні володіти високою криптостійкістю (не піддаватися швидкій розшифровці) і імітостійкістю (мати властивості, що ускладнюють повторення команд з метою порушення нормальної роботи управління).

При передачі цифрових послідовностей, отриманих дискретизацією безперервних повідомлень, вимоги до достовірності передачі нижчі, ніж при передачі

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

команд, і допустима ймовірність помилки кодової комбінації зазвичай становить $10^{-3} - 10^{-5}$. Зате вимоги до швидкості передачі істотно вищі, і швидкість може сягати значень в десятки і сотні тисяч двійкових одиниць в секунду, а в сучасних цифрових системах зв'язку доходить до десятків мільйонів двійкових одиниць в секунду.

Для підвищення ефективності передачі даних метод кодування слід вибрати таким чином, щоб задана завадостійкість забезпечувалася при мінімальному числі перевірочних елементів r , те саме відноситься і до службових знаків. Величина r залежить від використовуваного коду, який вибирається виходячи з необхідної ймовірності помилкового прийому кодової комбінації $P_{\text{кк}}$ і характеру помилок в дискретному каналі.

При побудові системи передачі даних найчастіше вибирають тільки один з показників (стійкість перед перешкодами або швидкість передачі інформації), що веде до погіршення другого. При побудові адаптивної системи передачі даних можна суттєво покращити обидва показники. Для цього вводять додаткову умову, пов'язану зі станом каналу зв'язку (по суті ця умова являє собою кількість помилок в каналі зв'язку на час проходження сигналу). Таким чином, коли кількість завад в каналі зв'язку мінімальна, то можна використовувати меншу кількість перевірочних символів, а значить швидкість передачі буде підвищуватися без зменшення завадостійкості. При збільшенні кількості перешкод в каналі зв'язку, число перевірочних символів буде збільшено, швидкість передачі даних впаде, однак усереднена швидкість за одиницю часу буде вище, ніж у другому випадку. Таким чином, при використанні адаптивних систем передачі даних можна домогтися поліпшення різних параметрів передачі.

Одним з ефективних методів боротьби з спотвореннями є застосування коригувальних кодів, до яких відносяться і комбінаторні коди, завдяки своїй здатності здійснювати корекцію помилок. Комбінаторні коди будуються на застосуванні загальних положень математичної теорії сполучень: перестановок P_m , розміщень A_m^n і сполучень C_m^n . Вони являють собою систему кодових комбінацій, що складаються з фіксованого набору символів, побудованих не на арифметичних, а на комбінаторних засадах.

Основним недоліком відомих комбінаторних кодів, побудованих за правилами перестановок і сполучень, є те, що вони дозволяють виявляти, але не виправляти помилки. З метою усунення зазначених недоліків пропонуються комбінаторні мажоритарні коди, здатні виконувати корекцію помилок. Мажоритарні

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

коди в даному випадку використовують можливість знаходження будь-якої точки площини системою комбінаторних координат. Основне завдання конструювання комбінаторних кодів полягає у визначенні кількості та значення контрольних символів і способів виявлення позиції, на якій знаходиться спотворений символ. Вирішується вона досить просто.

Припустимо, що позиції інформаційної кодової групи пронумеровані зліва направо, а символи, які стоять в цих позиціях, позначені x_1, x_2, \dots, x_m . Записуємо дані символи по черзі по рядках трикутної матриці так, щоб на одному рядку був записаний символ x_1 , на другому - два x_2, x_3 , на третьому - три - x_4, x_5, x_6 і т. д. На отриману трикутну матрицю накладаємо координатну сітку так, щоб кожен інформаційний символ знаходився на перетині двох координатних ліній i та j .

Перевірочні (контрольні) символи (позначимо їх через $y_1, y_2, y_3, \dots, y_k$) розташовуються уздовж однієї з трьох сторін матриці. Кількість перевірочних символів, необхідна для охоплення всієї області інформаційних символів, можна визначити безпосередньо з таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри мажоритарних кодів

Число контрольних елементів k	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число інформаційних елементів m	1	3	6	10	15	21	28	36	45
Загальна кількість елементів n	3	6	10	15	21	28	36	45	55

Значення перевірочних символів (в разі двійкових кодів 0 або 1) визначається з перевірок інформаційних символів, розташованих уздовж відповідних координатних ліній, на парність, тобто співпадання з результатом підсумовування за модулем 2 відповідних інформаційних символів (2.17).

$$\begin{cases} y_1 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 \\ y_2 = x_3 \oplus x_4 \oplus x_5 \\ y_3 = x_2 \oplus x_5 \oplus x_6 \\ y_4 = x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 \end{cases} \quad (2.17)$$

Підставляючи отримані значення перевірочних символів на відведені для них місця, отримуємо нову трикутну матрицю, в якій як число рядків, так і число стовпців збільшено на одиницю. Якщо прийнята кодова група не містить помилок, то результати перевірок на парність дорівнюють нулю, тобто:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 \oplus x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 = 0 \\ y_2 \oplus x_3 \oplus x_4 \oplus x_5 = 0 \\ y_3 \oplus x_2 \oplus x_5 \oplus x_6 = 0 \\ y_4 \oplus x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 = 0 \end{array} \right. \quad (2.18)$$

Відображення символів, охоплених кожною перевіркою на парність, наведено в таблиці 2.2, з якої видно, які перевірки на парність дозволяють виявити спотворені кодові елементи.

Таблиця 2.2 – Перевірочна таблиця

Номер перевірки	Інформаційні символи						Перевірочні символи			
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	y_1	y_2	y_3	y_4
1	•	•		•			•			
2			•	•	•			•		
3		•			•	•			•	
4	•		•			•				•

Якщо перша, друга і четверта перевірки на парність мають 0, а третя 1, то це означає, що помилка знаходиться в третьому перевірочному символі (y_3). Якщо ж результати першої і третьої перевірок рівні 0, а другої і четвертої 1, то, отже, помилка знаходиться в третьому інформаційному символі (x_3).

Показником, що найкраще характеризує якість передачі, є ймовірність помилки. У загальному випадку ймовірність (ймовірнісна міра) - міра достовірності випадкової події. Оцінкою ймовірності події може служити частота його настання в тривалій серії незалежних повторень випадкового експерименту.

Під впливом лінійних спотворень сигналу ймовірність помилки зростає, оскільки через межсимвольну інтерференцію, тобто небажаного накладення попередніх і наступних імпульсів, відлік сигналу може змінюватися в бік сусіднього дозволеного його значення, і тоді досить слабшої перешкоди, щоб одержаному сигналу в момент відліку було приписано помилкове значення.

Використовуючи основну характеристику коду - ймовірність невиявленої помилки зробимо порівняльний аналіз найбільш поширених кодів для СПД із запропонованим мажоритарним кодом.

В якості коду, призначеного для передачі числових даних в умовах низького рівня завад, вибирається код з однією перевіркою на парність (код з бітом паритету - *КБП*), який дозволяє виявляти всі помилки непарної кратності. Формування *КБП* засновано на отриманні додаткового біта y_n паритету шляхом складання значень всіх розрядів $x_3x_2x_1x_0$ двійково-десятькового коду цифри: $y_n = x_3 \oplus x_2 \oplus x_1 \oplus x_0$ і додаванні його до початкового коду. Комбінації *КБП* і відповідні їм комбінації *ДДК* цифри наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Комбінації *КБП* і відповідні їм *ДДК*

Десяткова цифра	Двійково-десятьковий код $x_3x_2x_1x_0$	Біт y_n паритету	Код з бітом паритету (парність) $узз2у1у0уn$
0	0000	0	00000
1	0001	1	00011
2	0010	1	00101
3	0011	0	00110
4	0100	1	01001
5	0101	0	01010
6	0110	0	01100
7	0111	1	01111
8	1000	1	10001
9	1001	0	10010

Очевидно, що розрядність $n_{кбп}$ коду з бітом паритету $n_{кбп} = n_{ддк} + 1 = 4 + 1 = 5$. Додавання за модулем 2 всіх п'ятирозрядних кодових комбінацій *КБП* один з одним показує, що мінімальна кодова відстань для цього коду $d_{min} = 2$. Отже, при використанні *КБП* $v_0 + 1 \leq 2$ або $v_0 \leq 1$, тобто даний код може виявляти всі одноразові помилки (з кратністю $v_0 = 1$). *КБП* не може виправляти виявлені одноразові помилки, оскільки $v_u < 1$. Оскільки кількість всіх двійкових п'ятирозрядних комбінацій $N = 2^5 = 32$, а дозволених для *КБП* з чотирма інформаційними розрядами $N = 2^4 = 16$, то здатність виявляти помилки $Q_{кбп}$ для розглянутого коду:

$$Q_{\text{кбп}} = 1 - \frac{N_p}{N} = 1 - \frac{16}{32} = 1 - 0,5 = 0,5.$$

Це означає, що *КБП* може виявляти 50% всіх помилок, що виникають при передачі його комбінацій каналом зв'язку. Надмірність такого коду:

$$R_{\text{кбп}} = 1 - \frac{\log_2 16}{\log_2 32} = 1 - \frac{4}{5} = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Частка виявлених помилок для *КБП* невелика, тому для подальшого підвищення якості передачі пропонується використовувати рівноважний код (*РК*), який можна застосовувати для "середнього" каналу в умовах середнього рівня завад. Рівноважний код - це код з постійною кількістю одиниць в кожній кодовій комбінації. Збільшення або зменшення кількості одиниць в прийнятій кодовій комбінації свідчить про наявність помилки. Число кодових комбінацій в двійкових кодах з постійною вагою довжиною в n символів:

$$N_p = C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (2.19)$$

де k - число одиниць в кодовій комбінації. Для того, щоб забезпечити $N_p=10$, необхідно взяти число розрядів $\frac{5!}{k!n_{pk}} = 5$, а кількість одиниць - $k = 2$.

Дійсно, за формулою (2.19) $N_p = C_n^k = \frac{5!}{2!3!} = 10$. Кодові комбінації *РК* "2 из 5"

наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Рівноважні комбінації і їх відповідність комбінаціям ДДК

Десяткова цифра	Двійково-десятковий код $x_3x_2x_1x_0$	Комбінації рівноважного коду «2 з 5» $u_4u_3u_2u_1u_0$
0	0000	00011
1	0001	00101
2	0010	00110
3	0011	01001
4	0100	01010
5	0101	01100
6	0110	10001
7	0111	10010

8	1000	10100
9	1001	11000

Додавання за модулем 2 всіх п'ятирозрядних рівноважних комбінацій одна з одною показує, що мінімальна кодова відстань для коду PK , так само, як і для $KBП$, дорівнює $d_{PK} = 2$. Отже, для PK $v_0 + 1 \leq 2$ або $v_0 \leq 1$, тобто цей код може виявляти усі одноразові помилки (з кратністю $v_0 = 1$). PK так само, як і $KBП$, не може виправляти виявлені одноразові помилки, оскільки $v_u < 1$. Але здатність виявляти помилки Q_{PK} цим кодом набагато вища, оскільки кількість дозволених рівноважних кодових комбінацій у нього менша:

$$Q_{PK} = 1 - \frac{N_p}{N} = 1 - \frac{10}{32} \approx 1 - 0,31 = 0,69$$

Тобто приблизно 69% помилок PK виявляє. При чому в цю кількість входять не лише всі помилки з кратністю один, але й деякі двократні, і навіть, трикратні помилки. Надлишковість такого коду:

$$R_{де} = 1 - \frac{\log_2 10}{\log_2 32} = 1 - \frac{3,3}{5} = 1 - 0,66 = 0,34$$

При великому числі помилок частота перезаписів зростає і, отже, швидкість передачі інформації падає, а значить зменшується продуктивність СПД. З тим, щоб не допустити суттєвого зниження швидкості передачі для випадку високого рівня перешкод пропонується застосувати коригувальний комбінаторний мажоритарний код.

Значення перевірочних двійкових розрядів визначають з перевірок інформаційних символів, розташованих уздовж відповідних координатних ліній, на парність:

$$\begin{cases} q_0 = y_0 \oplus y_1 \oplus y_3 \\ q_1 = y_2 \oplus y_3 \oplus y_4 \\ q_2 = y_1 \oplus y_4 \\ q_3 = y_0 \oplus y_2 \end{cases}$$

Виконавши послідовне зчитування значень розрядів з матриці, маємо наступну послідовність інформаційних і перевірочних символів в переданій кодівій комбінації: $y_4 y_3 y_2 y_1 y_0 q_3 q_2 q_1 q_0$.

Якщо прийнята кодова комбінація не містить помилок, то результати перевірок на парність дорівнюють нулю:

$$\begin{cases} q_0 \oplus y_0 \oplus y_1 \oplus y_3 = 0 \\ q_1 \oplus y_2 \oplus y_3 \oplus y_4 = 0 \\ q_2 \oplus y_1 \oplus y_4 = 0 \\ q_3 \oplus y_0 \oplus y_2 = 0 \end{cases}$$

Комбінації мажоритарного коду та їх відповідність комбінаціям ДДК наведені в таблиці 2.5.

Додавання за модулем 2 всіх дев'ятирозрядних мажоритарних комбінацій одна з одною показує, що мінімальна кодова відстань для мажоритарного коду дорівнює $d_{min} = 4$. Отже, для мажоритарного коду $v_0 + 1 \leq 4$ або $v_0 \leq 3$, тобто даний код може виявляти всі одноразові, дворазові і триразові помилки. Мажоритарний код може виправляти виявлені одноразові помилки, оскільки $v_u \leq 1,5$. Здатність виявляти помилки цим кодом набагато більша, ніж для вищенаведених КБП і РК. Оскільки $N = 2^9 = 512$, то

$$Q_{плк} = 1 - \frac{N_p}{N} = 1 - \frac{10}{512} \approx 1 - 0,0195 \approx 0,98$$

Тобто приблизно 98% помилок мажоритарний код буде виявляти.

Таблиця 2.5 - Комбінації мажоритарного коду та відповідні їм ДДК

Десяткова цифра	Двійково-десятковий код $x_3x_2x_1x_0$	Комбінації рівноважного коду «2 з 5» $y_4y_3y_2y_1y_0$	Комбінації мажоритарного коду $y_4y_3y_2y_1y_0q_3q_2q_1q_0$
0	0000	00011	00011 1100
1	0001	00101	00101 0011
2	0010	00110	00110 1111
3	0011	01001	01001 1010
4	0100	01010	01010 0110
5	0101	01100	01100 1001

6	0110	10001	10001 1111
7	0111	10010	10010 0011
8	1000	10100	10100 1100
9	1001	11000	11000 0101

Надлишковість такого коду:

$$R_{\text{нлк}} = 1 - \frac{\log_2 10}{\log_2 512} = 1 - \frac{3,3}{9} = 1 - 0,37 = 0,63$$

Для трьох розглянутих кодів розрахуємо ймовірність невиявлення помилок за формулою (2.20).

Результати розрахунків наведені в таблицях 2.6 і 2.7 і проілюстровані графіками на рисунках 2.3 і 2.4.

$$P_{\text{НО}}(f_i, A) = \frac{1}{2^r} C_n^{d_{\min}} P_2^{d_{\min}}, \quad (2.20)$$

де $n = k + r$ – довжина кодової комбінації;

d_{\min} – мінімальна кодова відстань;

P_2 – ймовірність спотворення двійкового розряду.

Таблиця 2.6 - Ймовірність невиявлення помилки в діапазоні 0,1-0,5

Ймовірність спотворення двійкового символу	Мажоритарний код	3 бітом паритету	РК
0,05	0,000938	0,02625	0,0175
0,1	0,0075	0,105	0,07
0,15	0,025313	0,23625	0,1575
0,2	0,06	0,42	0,28
0,25	0,117188	0,65625	0,4375
0,3	0,2025	0,945	0,63
0,35	0,321563		0,8575
0,4	0,48		
0,45	0,683438		
0,5	0,9625		

Порівняльний аналіз кодів за ймовірністю невиявленої помилки

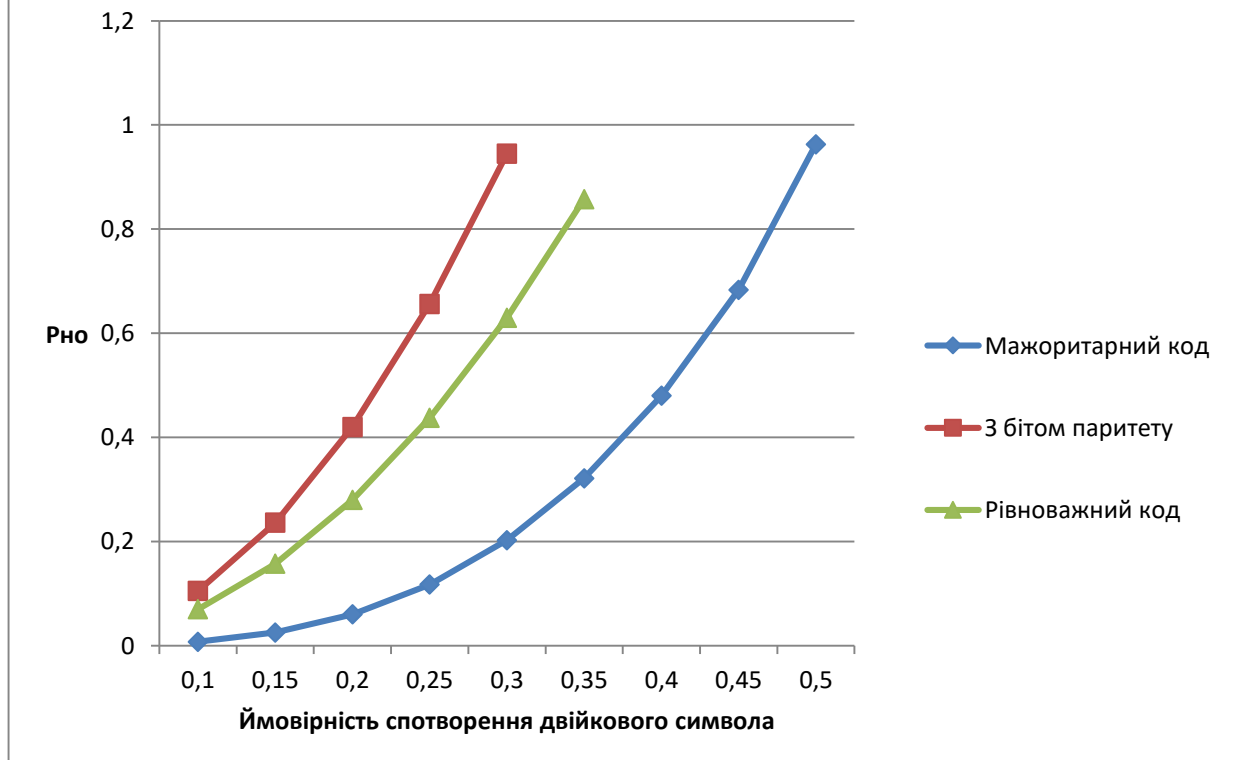


Рисунок 2.6 – Порівняльний аналіз кодів в діапазоні від 0,1 до 0,5

Таблиця 2.7 - Ймовірність виявлення помилки в діапазоні 0,001-0,05

Ймовірність спотворення двійкового символу	Мажоритарний код	3 бітом паритету	РК
0,001	7,5E-09	0,0000105	0,000007
0,005	9,375E-07	0,0002625	0,000175
0,01	0,0000075	0,00105	0,0007
0,015	2,53125E-05	0,0023625	0,001575
0,02	0,00006	0,0042	0,0028
0,025	0,000117188	0,0065625	0,004375
0,03	0,0002025	0,00945	0,0063
0,035	0,000321563	0,0128625	0,008575
0,04	0,00048	0,0168	0,0112
0,045	0,000683438	0,0212625	0,014175
0,05	0,0009375	0,02625	0,0175

Порівняльний аналіз кодів за ймовірністю невиявлених помилок

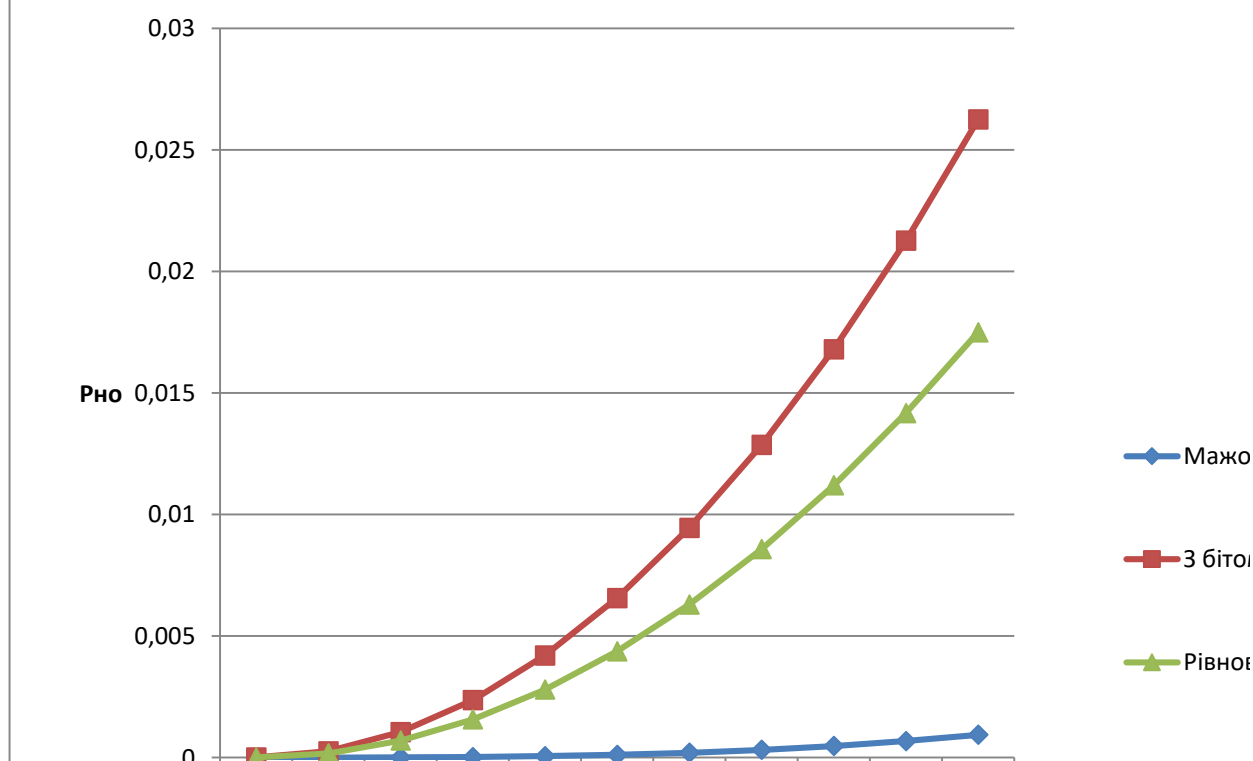


Рисунок 2.7 - Порівняльний аналіз кодів в діапазоні від 0,001 до 0,05

Одержаний чисельний матеріал та ілюстрації дозволяють зробити висновок про доцільність застосування в СПД мажоритарного коду, який дає кращі значення ймовірності невиявлення помилок при однаковій ймовірності спотворення двійкового символу.

На наступному етапі необхідно вибрати оптимальні параметри мажоритарного коду. Вибір параметрів обумовлений вимогою передачі по каналу зв'язку цілої кількості шестирозрядних двійкових слів.

Була обчислена ймовірність невиявлення помилок для мажоритарних кодів при передачі інформаційних пакетів, що містять одне, два, три і чотири інформаційних слова. Результати розрахунку в чисельному вигляді та відповідної ілюстрації у вигляді графіка наведені в таблиці 2.8 і на рисунку 2.8.

Таблиця 2.8 - Імовірність невиявлення помилок для мажоритарних кодів

Ймовірність спотворення дв. символу	m=6 r=4	m=12 r=6	m=18 r=7	m=24 r=8
0,0001	7,5E-12	1,275E-11	1,796E-11	1,9375E-11
0,0005	9,375E-10	1,59375E-09	2,245E-09	2,42188E-09
0,001	7,5E-09	1,275E-08	1,796E-08	1,9375E-08
0,0015	2,53125E-08	4,30313E-08	6,0615E-08	6,53906E-08
0,002	0,00000006	0,000000102	1,4368E-07	0,000000155
0,0025	1,17188E-07	1,99219E-07	2,80625E-07	3,02734E-07
0,003	2,025E-07	3,4425E-07	4,8492E-07	5,23125E-07
0,0035	3,21563E-07	5,46656E-07	7,70035E-07	8,30703E-07
0,004	0,00000048	0,000000816	1,14944E-06	0,00000124
0,0045	6,83438E-07	1,16184E-06	1,63661E-06	1,76555E-06
0,005	9,375E-07	1,59375E-06	0,000002245	2,42188E-06
0,01	0,0000075	0,00001275	0,00001796	0,000019375
0,015	2,53125E-05	4,30313E-05	0,000060615	6,53906E-05
0,02	0,00006	0,000102	0,00014368	0,000155
0,025	0,000117188	0,000199219	0,000280625	0,000302734
0,03	0,0002025	0,00034425	0,00048492	0,000523125
0,035	0,000321563	0,000546656	0,000770035	0,000830703
0,04	0,00048	0,000816	0,00114944	0,00124
0,045	0,000683438	0,001161844	0,001636605	0,001765547
0,05	0,0009375	0,00159375	0,002245	0,002421875

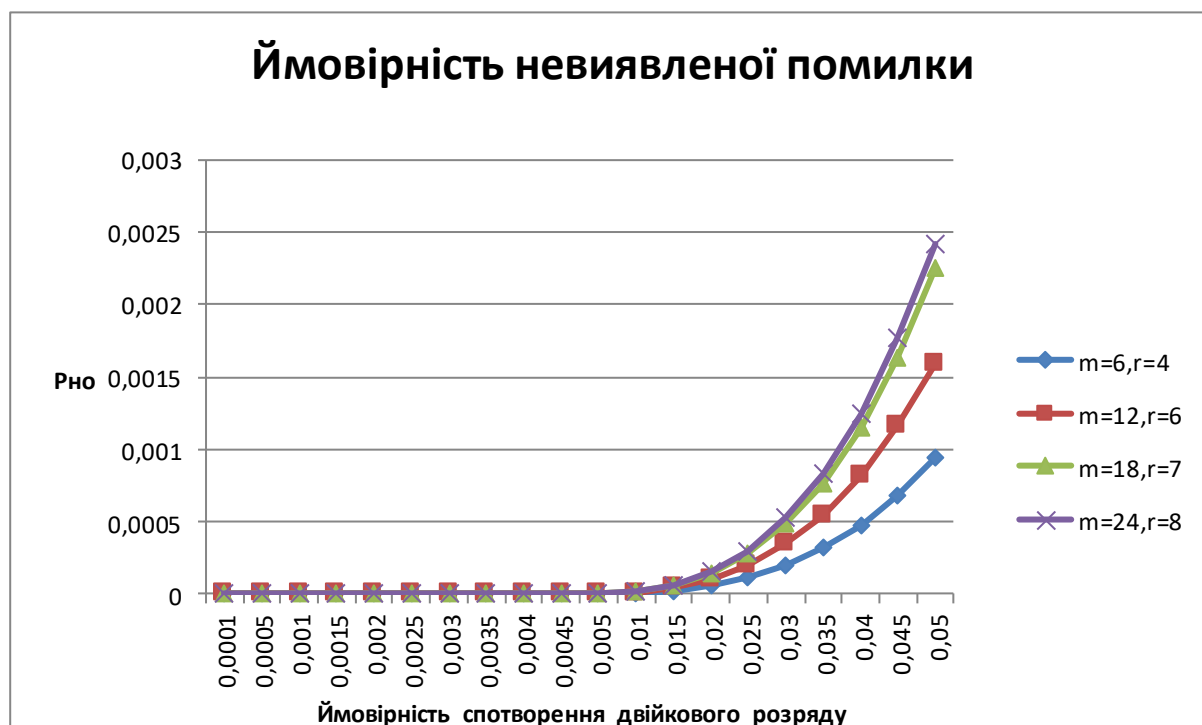


Рисунок 2.8 – Імовірність невиявлення помилок для мажоритарних кодів з різними параметрами

У таблиці 2.9 аналогічні дані представлені дещо в іншому вигляді. Для інформаційних пакетів по одному, два, три і чотири вихідних двійкових слова проведений розрахунок ймовірності невиявлення помилки при значеннях ймовірності спотворення двійкового символу, рівних 0,01, 0,001, 0,0001 і 0,00001.

Таблиця 2.9 – Ймовірності невиявлення помилки при значеннях ймовірності спотворення двійкового символу, рівних 0,01, 0,001, 0,0001 і 0,00001

	$P_3=0,01$	$P_3=0,001$	$P_3=0,0001$	$P_3=0,00001$
m=6, r=4	0,0000075	7,5E-09	7,5E-12	7,5E-15
m=12, r=6	0,00001275	1,275E-08	1,275E-11	1,275E-14
m=18, r=7	0,00001796	1,796E-08	1,796E-11	1,796E-14
m=24, r=8	0,000019375	1,9375E-08	1,9375E-11	1,9375E-14

Проаналізувавши чисельний і графічний матеріал можна зробити наступні висновки:

- Ймовірність невиявлення помилки для мажоритарних кодів зростає з ростом ймовірності спотворення двійкового символу;
- Кращі характеристики, тобто менші значення ймовірностей невиявлення помилки при однакових значеннях ймовірності спотворення двійкового символу дають коди з меншою кількістю символів в інформаційному пакеті.

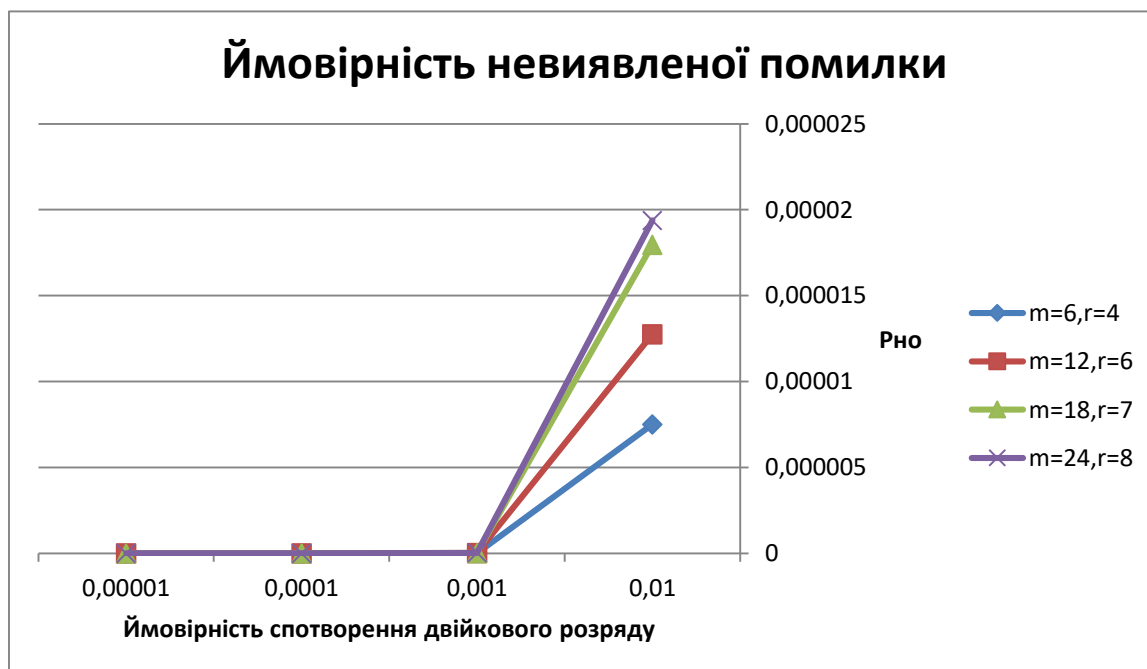


Рисунок 2.9 – Ймовірності невиявлення помилки при значеннях ймовірності спотворення двійкового символу, рівних 0,01, 0,001, 0,0001 і 0,00001

У таблиці 2.10 представлені результати розрахунку ймовірності невиявлення помилки при однакових можливостях спотворення двійкового символу для різних параметрів мажоритарного коду. Ці залежності проілюстровані на рисунку 2.10 у вигляді точкових графіків, а на рисунку 2.11 - у вигляді гістограми.

Таблиця 2.10 - Ймовірності невиявлення помилки при різних параметрах мажоритарного коду

Ймовірність спотворення двійкового символу	m=6,r=4	m=12,r=6	m=18,r=7	m=24,r=8
0,0001	7,5E-12	1,275E-11	1,796E-11	1,9375E-11
0,001	7,5E-09	1,275E-08	1,796E-08	1,9375E-08
0,01	0,0000075	0,00001275	0,00001796	0,000019375

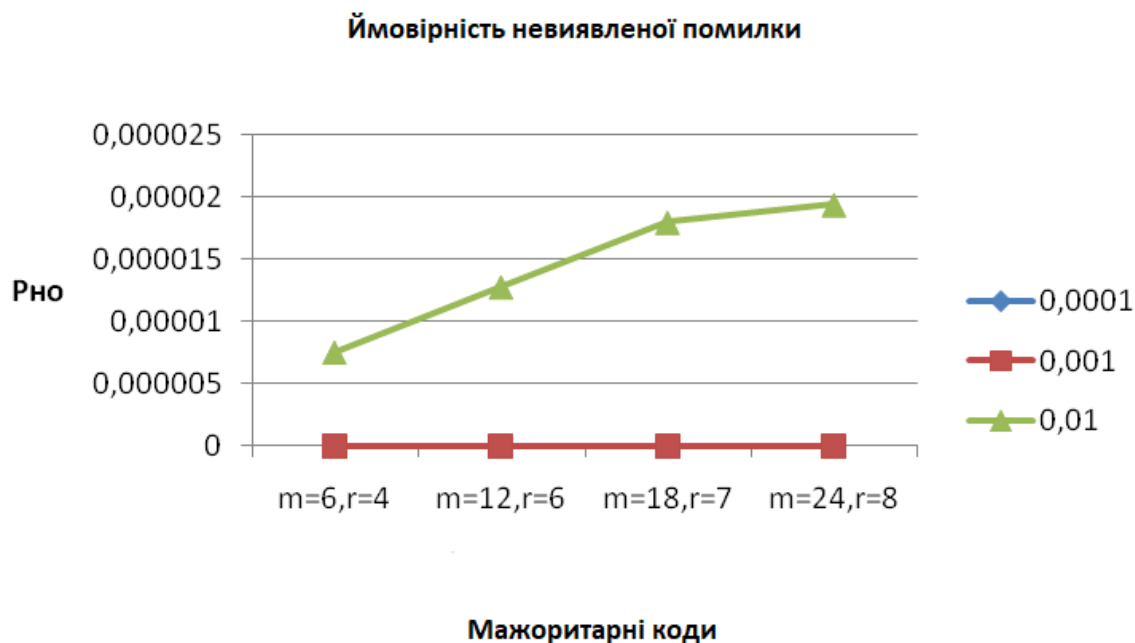
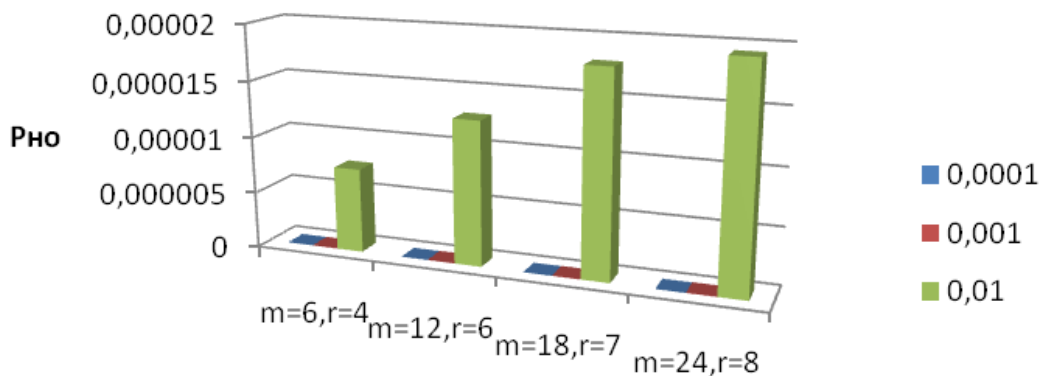


Рисунок 2.10 – Ймовірність невиявлення помилки мажоритарним кодом при різних параметрах

Ймовірність невиявленої помилки



Мажоритарні коди

Рисунок 2.11 – Гістограма

При виборі мажоритарного коду вирішальним фактором є ймовірність невиявлення помилки. Проведений аналіз показав:

- при великих значеннях ймовірності спотворення двійкового символу краще вибирати коди з меншою кількістю інформаційних розрядів. Тому обраний початковий параметр коду - довжина коду - шість біт, кількість перевірочних розрядів - чотири.

- при менших значеннях ймовірності спотворення двійкового символу краще вибирати інформаційний пакет, що містить більшу кількість двійкових слів. Вибираємо інформаційний пакет, що містить три двійкових слова. За такої розмірності ймовірність невиявлення помилки не перевищує задану, але апаратна реалізація пристрою менш громіздка.

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ НА БАЗІ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою, що проектується

Побудова системи кодування інформації включає в себе розробку структурної схеми і алгоритму роботи системи. При їх розробці в першу чергу необхідно враховувати такі важливі параметри роботи системи в цілому, як швидкодія, надійність, економічність, тому важливим є використання найбільш прийняттого варіанту побудови схеми.

Система комбінаторного кодування на основі мажоритарних кодів може бути використана в якості пристроїв кодування-декодування в системах передачі інформації.

Структурні схеми передавача і приймача системи комбінаторного кодування на основі мажоритарних кодів наведені на рисунках 3.1 і 3.2 відповідно.

Перед початком роботи всі блоки системи встановлюються в початковий стан. На початку роботи пристрою вибирається режим кодування з мінімальною надлишковістю. В цьому режимі здійснюється передача в канал зв'язку по три кодові комбінації і перевірочний вектор. При цьому тригер вибору режиму кодування встановлено в одиничний стан, що дозволяє запис інформації в буферні регістри: в паралельному коді шестирозрядні кодові комбінації послідовно записуються в регістри зберігання. З виходів регістрів паралельна 18-ти розрядна кодова комбінація надходить в пристрій формування перевірочних розрядів, де додатково формується семирозрядна кодова комбінація. По закінченню перетворення цей код записується в регістр зберігання перевірочних розрядів. Таким чином сформовано пакет інформації для передачі каналом зв'язку. Якщо канал зв'язку вільний, то здійснюється передача. Далі виконується паралельно-послідовне перетворення інформації, і передача повідомлення в канал зв'язку в послідовному коді.

На боці приймача тригер вибору режиму роботи також встановлено в одиничний стан, що дозволяє запис інформації, що надійшла на приймач, (25 - розрядний двійковий вектор) в перший регістр. Прийом здійснюється в послідовному коді. З виходу регістра 25-розрядна кодова комбінація надходить на

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

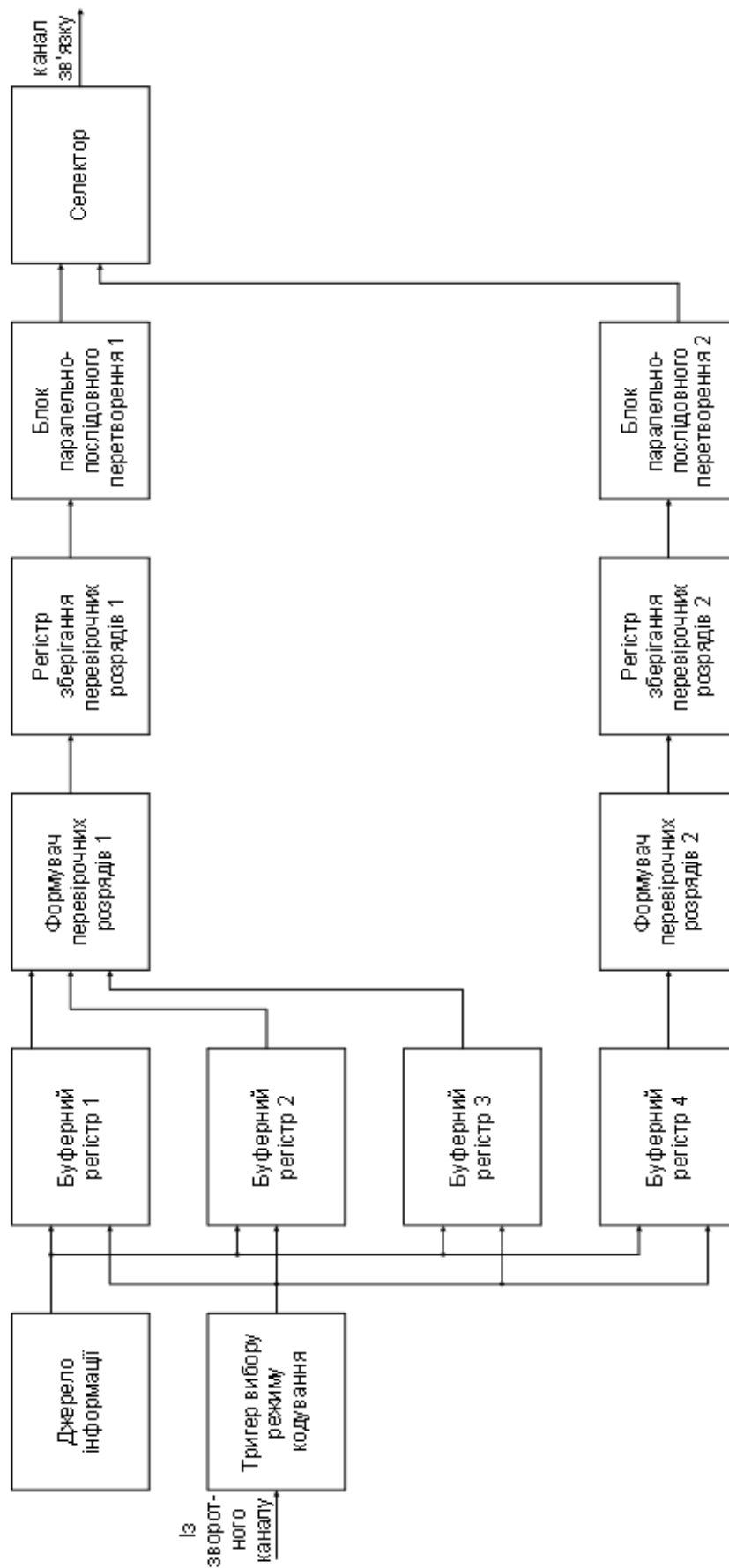


Рисунок 3.1 – Структурна схема передавача системи комбінаторного кодування на основі мажоритарних кодів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

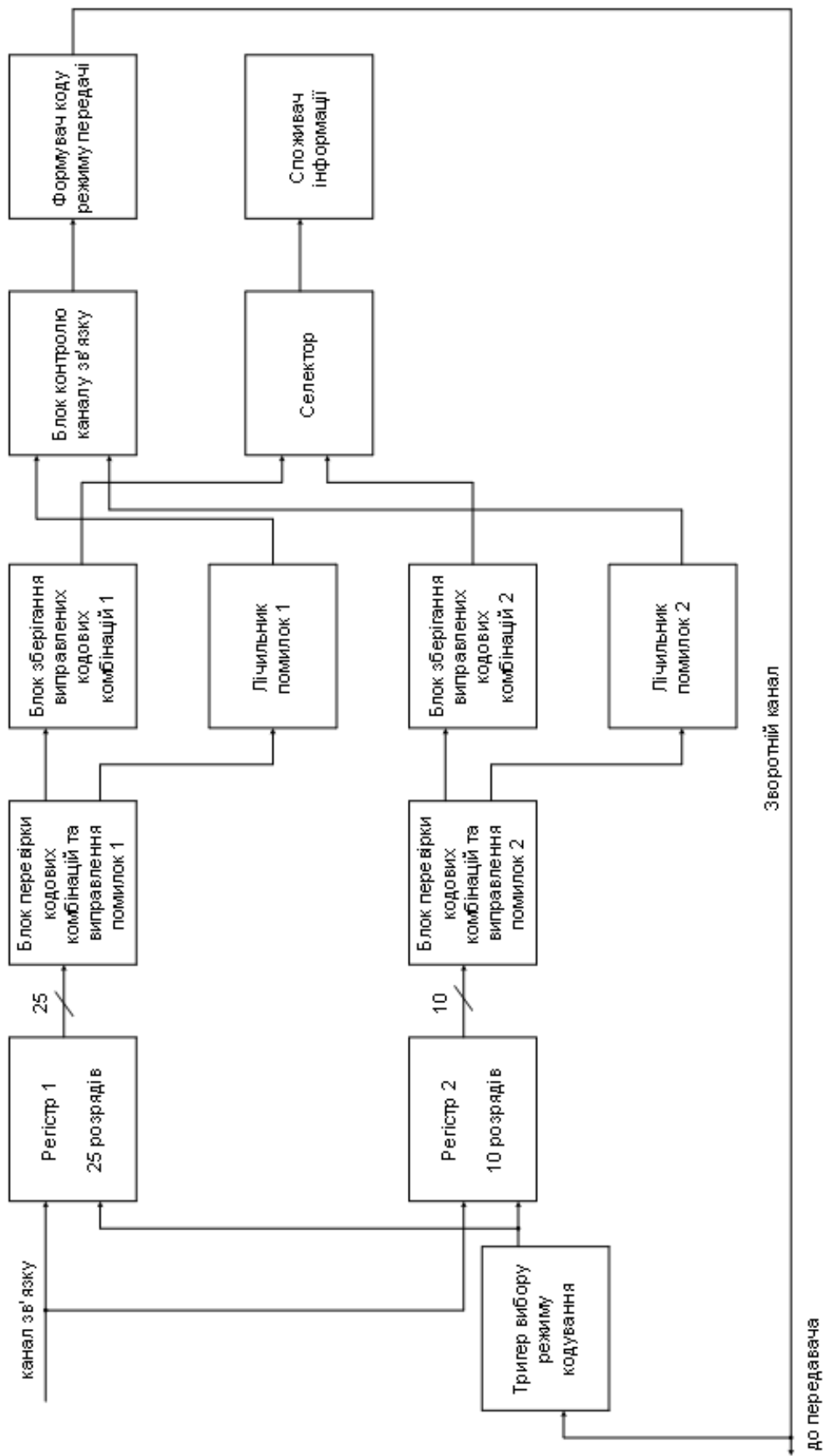


Рисунок 3.2 – Структурна схема приймача системи комбінаторного кодування на основі мажоритарних кодів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

перший блок перевірки і виправлення, де здійснюється перевірка і виправлення, якщо виникла помилка, помилково прийнятих двійкових розрядів. Виправлена (або правильно прийнята, якщо помилка не відбулася) кодова комбінація записується в блок зберігання виправлених кодових комбінацій, а потім через селектор передається споживачеві інформації. Якщо кодова комбінація була прийнята з помилкою, то з виходу блоку перевірки кодових комбінацій і виправлення помилок на лічильник помилок надходить сигнал «помилка є». У блоці контролю каналу зв'язку аналізується стан лічильника помилок та приймається рішення про зміну режиму роботи системи. Пристрій для формування коду режиму роботи формує керуючий сигнал для зміни режиму роботи. Якщо рівень перешкод незначний, і помилок відбувається не більше ніж задано, то передача триває пакетами по 25 біт. Якщо ж рівень перешкод підвищився, і, як наслідок, збільшилася кількість помилок, то блоком контролю каналу зв'язку приймається рішення про збільшення надмірності та відбувається перехід на другий режим кодування. Формування коду режиму передачі формує сигнал другого режиму роботи. Цей сигнал передається по зворотному каналу зв'язку в передавач і надходить на тригер вибору режиму кодування, скидаючи його в нульовий стан. Цим сигналом забороняється запис інформації в регістри 1, 2 і 3 для запису трьох шестирозрядних кодових комбінацій, але з інверсного виходу тригера одиничним сигналом дозволяється запис однієї шестирозрядної кодової комбінації в регістр 4. Далі виконується формування чотирьох перевірочних розрядів і запис їх в регістр зберігання перевірочних розрядів. Таким чином формовано пакет для передачі, і, якщо канал зв'язку вільний, то здійснюється паралельно-послідовне перетворення кодової комбінації і передача повідомлення в канал зв'язку в послідовному коді.

На приймальній стороні тригер вибору режиму роботи сигналом з виходу формувача коду режиму передачі також встановлений в нульовий стан. Одиничний сигнал з інверсного виходу тригера дозволяє запис десятирозрядної прийнятої кодової комбінації в регістр 2. Прийом та запис здійснюється в послідовному коді. З виходу регістра 10-розрядна кодова комбінація надходить на другий блок перевірки і виправлення, де здійснюється перевірка і виправлення помилково прийнятих двійкових розрядів. Виправлена (або правильно прийнята, якщо помилка не відбулася) кодова комбінація записується до другого блоку зберігання виправлених кодових комбінацій, а потім через селектор передається споживачеві інформації. Якщо кодова комбінація була прийнята з помилкою, то з виходу

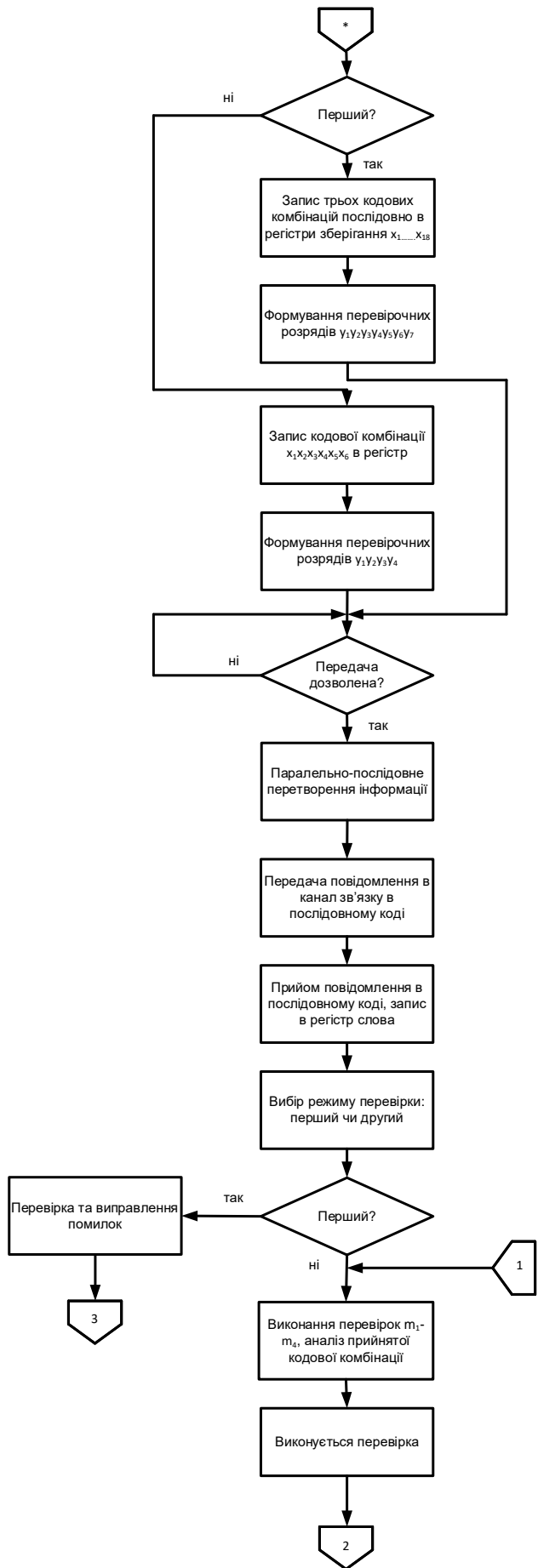
					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

блоку перевірки кодових комбінацій і виправлення помилок на лічильник помилок надходить сигнал «помилка є». У блоці контролю каналу зв'язку аналізується стан лічильника помилок і приймається рішення про режим роботи системи. Якщо рівень перешкод як і раніше високий, і помилок відбувається багато, то кодування інформації триває десятирозрядними двійковими словами. Формувач коду режиму роботи підтверджує обраний режим передачі. Якщо ж помилок відбувається мало, тобто рівень перешкод знизився, то необхідно переходити на кодування інформації з меншою надмірністю. Тепер блоком контролю каналу зв'язку приймається рішення про зменшення надмірності і переході на перший режим кодування. Пристрій для формування коду режиму передачі формує сигнал першого режиму роботи. Цей сигнал передається зворотним каналом зв'язку в передавач, і надходить на тригер вибору режиму кодування, переводячи його знову в одиничний стан. На приймальній стороні аналогічний тригер тим же сигналом також встановлюється в одиничний стан. Схема знову готова для роботи в першому режимі.

Алгоритм функціонування адаптивної системи комбінаторного кодування на основі мажоритарних кодів показаний на рисунку 3.3.

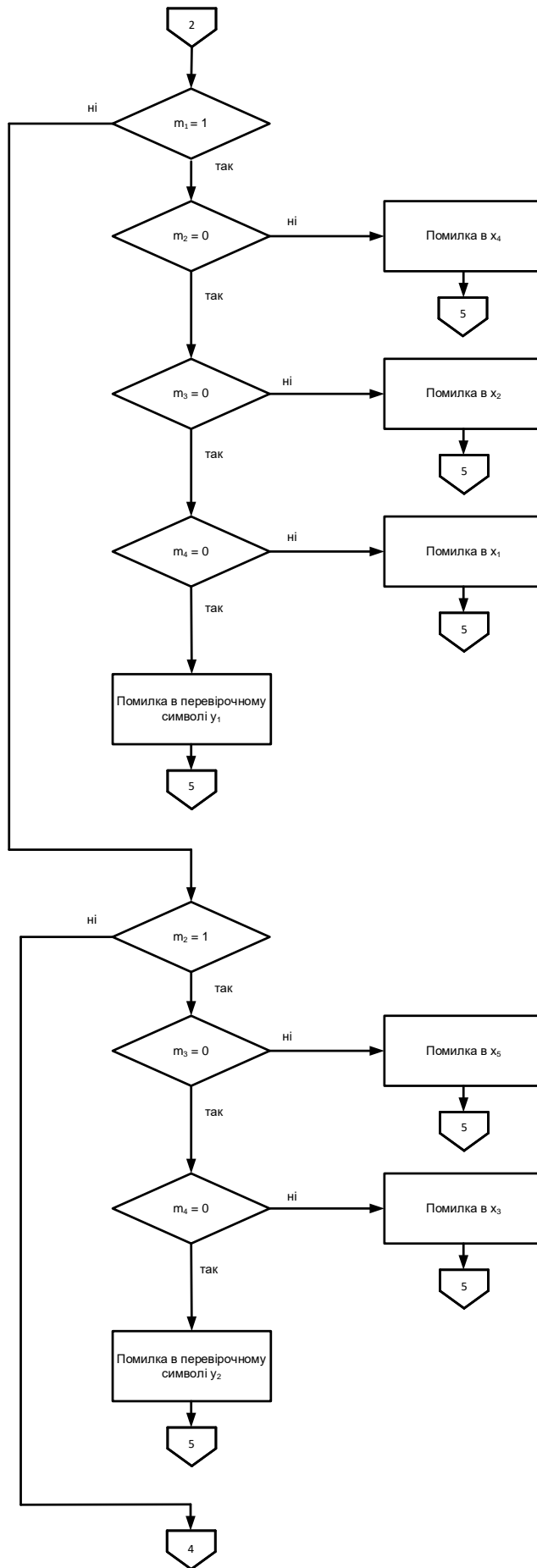


Рисунок 3.3 – Алгоритм роботи системи адаптивного кодування



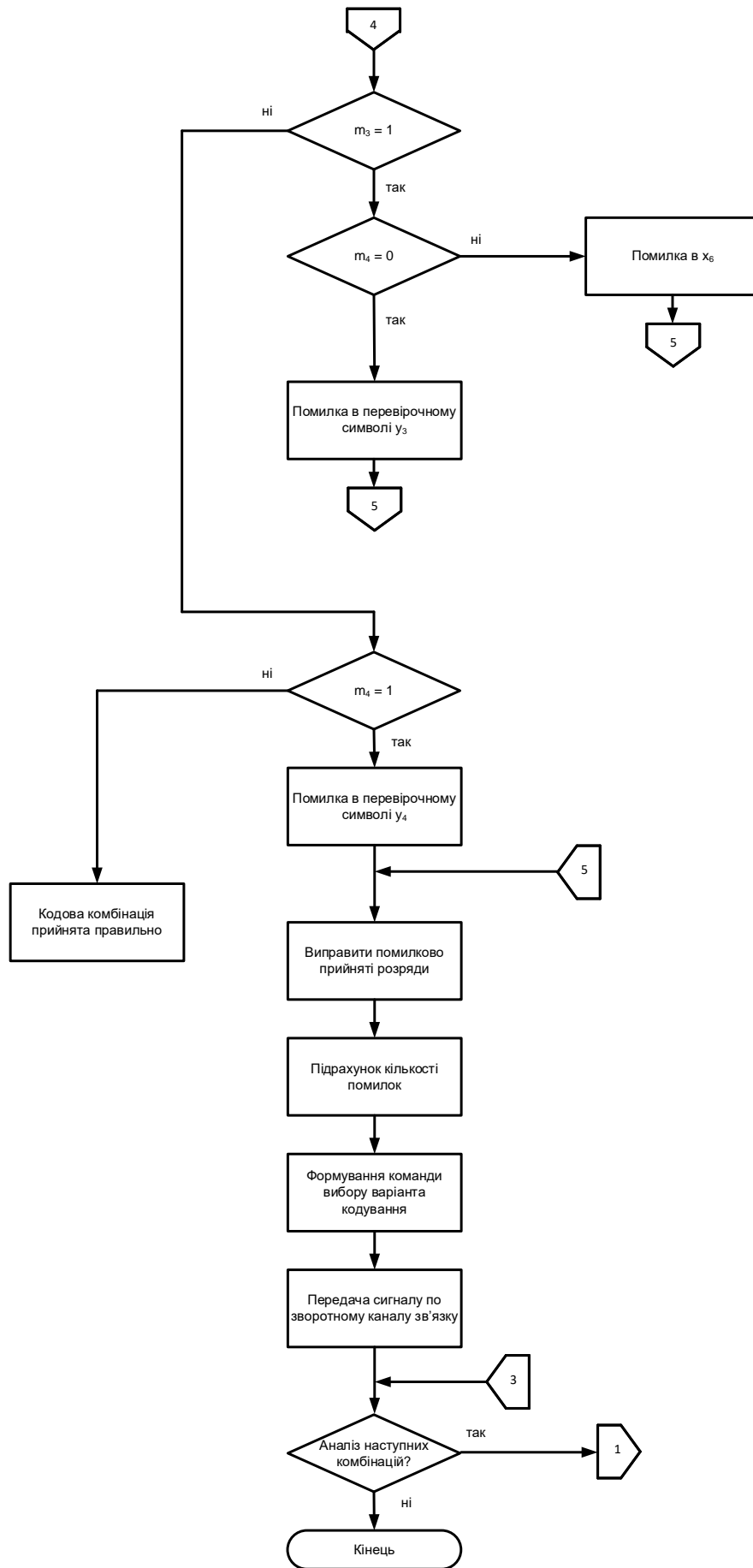
Продовження рисунку 3.3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Продовження рисунку 3.3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Продовження рисунку 3.3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2 Розробка схеми електричної функціональної пристрою, що проектується

Більш докладно розглянемо роботу пристрою, що проектується, на основі функціональної схеми, яка наведена на рисунку 3.4.

У початковому стані всі елементи встановлені в початковий стан, тригери і регістри знаходяться в «нулі».

За командою «пуск» керуючий тригер (тригер 1), а також тригер 2 (відповідає за режим передачі інформації з меншою надлишковістю) і тригер 3 (відповідає за режим роботи з максимальною надлишковістю) переводяться в одиничний стан. Одиничний стан керуючого тригера відповідає передачі даних з мінімальною надмірністю, тобто формуванню пакету інформації по три шестирозрядних двійкових слова. Одиничний сигнал з прямого виходу тригера дозволяє проходженню тактових імпульсів через схему співпадання 1 на тригер 2. Цей тригер, перебуваючи також в одиничному стані, рівнем логічної одиниці з прямого виходу тригера дозволяє режим (режим запис) формування пакету інформації, що передається. Це відбувається наступним чином. Схема співпадання 3 пропускає імпульси від генератора, що проходять через схему І 1. Ці імпульси надходять на тактовий вхід кільцевого лічильника. Кільцевий лічильник побудований на п'яти D-тригерах, замкнених в кільце. З прямого виходу першого тригера сигнал подається на D-вхід другого тригера, з прямого виходу другого - на D-вхід третього і т.і. З прямого виходу п'ятого тригера сигнал надходить на D-вхід першого тригера. Таким чином тригери замикаються в кільце. При включенні пристрою в перший тригер кільцевого лічильника записується одиниця, тактовий сигнал, що надходить на С-вхід, переписує цю одиницю з одного тригера в інший. Кільцевий лічильник синхронізує процес запису вихідної інформації і формування перевіркової частини кодової посилки. Виходи тригерів кільцевого лічильника з'єднані з входами синхронізації паралельних регістрів, вихід першого тригера з'єднаний з С-входом регістра *RG1*, вихід другого - з С-входом регістра *RG2*, відповідно - вихід третього - з С-входом третього регістра.

Три шестирозрядних слова повинні бути записані в регістри зберігання. На входи даних всіх трьох регістрів одночасно з виходу джерела інформації подається шестирозрядне двійкове слово. Кодове слово, що знаходиться на вході даних регістрів, з приходом сигналу дозволу з виходу першого тригера кільцевого

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

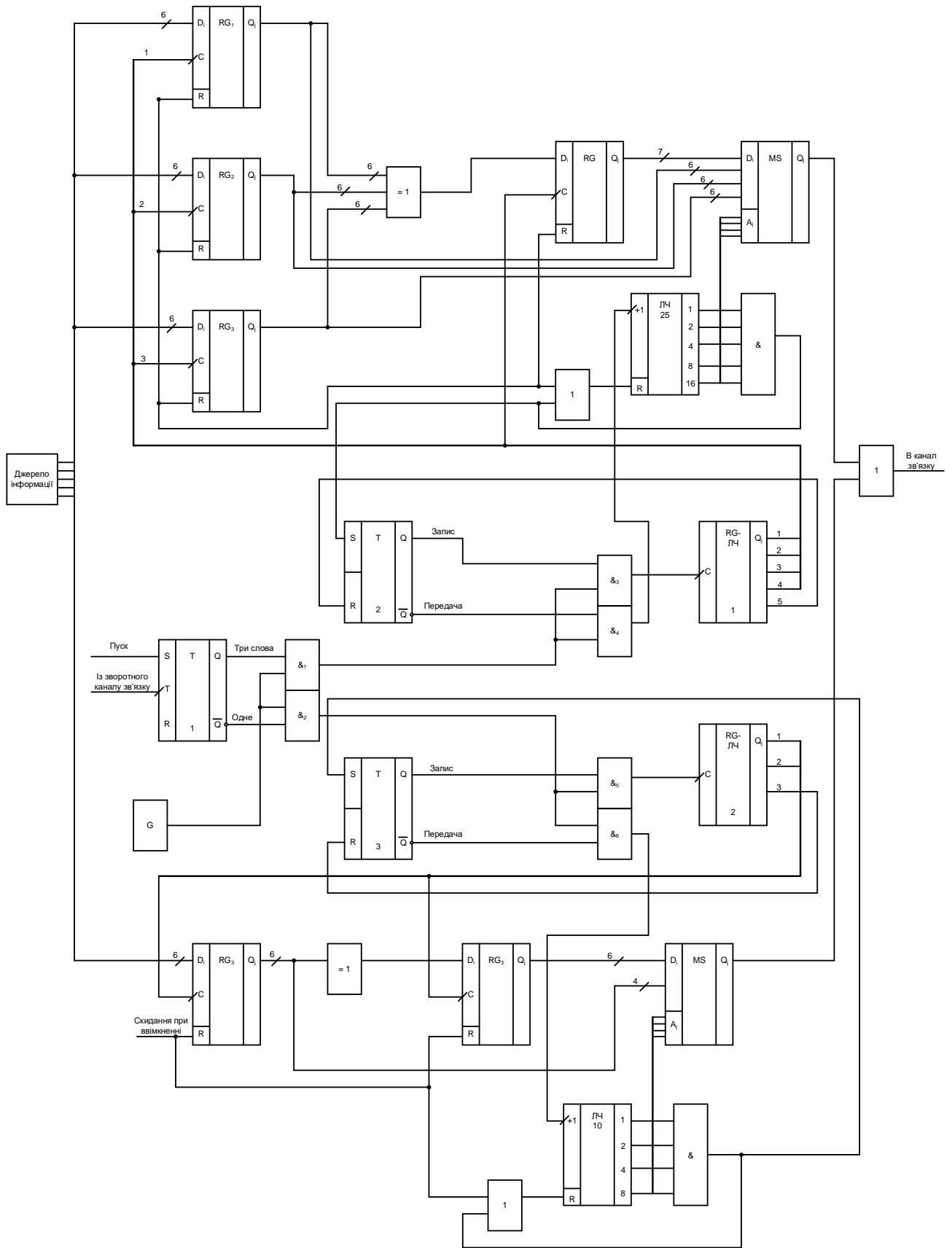


Рисунок 3.4 – Функціональна схема

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ

Лист

60

Лічильника запишеться в регістр *RG1*. На входах С другого і третього регістрів в даний момент відсутній сигнал дозволу (другий і третій тригера кільцевого лічильника - в нульовому стані), ці регістри знаходяться в режимі очікування. Наступний тактовий сигнал, що проходить через схеми співпадання 1 і 3, надходить на С-вхід кільцевого лічильника і змінює його стан на наступний, тепер другий тригер лічильника знаходиться в одиничному стані. К цьому моменту на виході джерела інформації з'являється наступне двійкове слово, яке і запишеться в другій регістр зберігання з приходом сигналу синхронізації з другого виходу кільцевого лічильника. Аналогічно в третій регістр запишеться третє кодове слово. Таким чином, інформаційний пакет сформовано.

Інформація з виходів регістрів *RG1 – RG3* в паралельному вигляді надходить на входи схем додавання за модулем два для формування перевірконої частини переданого пакета даних. Сформовані перевірочні розряди запишуться в регістр *RG4* з появою четвертого тактового імпульсу, тобто імпульсу з виходу четвертого тригера кільцевого лічильника. Таким чином сформовано весь пакет для передачі. Режим запису закінчено. Тепер необхідно організувати передачу інформації в канал зв'язку. Сигнал з виходу п'ятого тригера кільцевого лічильника надходить на вхід скидання тригера 2, переводячи його, таким чином, в нульовий стан. «Нуль» з прямого виходу тригера забороняє проходження керуючих імпульсів через схему співпадання 3 на кільцевій лічильник, але одиничний сигнал з його інверсного виходу дозволяє режим передачі даних. При цьому необхідно паралельну інформацію з виходів регістрів *RG1 – RG4* передати в канал зв'язку в послідовному коді. Для цього сформований пакет розрядністю 25 біт подається на інформаційні входи мультиплектора. На його адресні входи надходять імпульси з лічильника СТ25. СТ25 - лічильник із заданим коефіцієнтом перерахунку, побудований за методом дешифрації заданої кодової комбінації. Лічильник послідовно перебирає кодові комбінації - від нульової до 24 - всього 25. Ці двійкові кодові комбінації надходять на адресні входи мультиплектора. Двійкова кодова комбінація, що подається на адресні входи мультиплектора, визначає номер інформаційного входу, який підключається до виходу мультиплектора. Інформація з відповідного інформаційного входу передається таким чином на єдиний вихід мультиплектора. На адресних входах кодові комбінації перебираються послідовно, і, також послідовно підключаються входи до виходу. Таким чином в канал зв'язку послідовно передаються двадцять п'ять біт кодової послідовності. Передача в канал зв'язку здійснена. При появі кодової комбінації, що

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

відповідає двійкового коду 25 відбувається скидання схеми лічильника з коефіцієнтом перерахунку 25 в початковий стан. Одночасно цей сигнал надходить на вхід установки тригера 2 в одиничний стан, переводячи його в режим управління записом наступного пакета. Схема знову готова для формування і передачі інформаційного 25- бітного пакета. Процес формування і передачі пакета з мінімальною надлишковістю повторюється до тих пір, поки по зворотному каналу зв'язку не буде отримано сигнал про зміну режиму роботи.

Якщо по зворотному каналу зв'язку прийшов сигнал про зміну режиму роботи, то керуючий тригер (тригер-лічильник) змінює свій стан на протилежний. На прямому виході тригера з'являється логічний нуль, який через схему співпадання 1 забороняє проходження імпульсів на схему обробки пакета з меншою надлишковістю. Але одночасно з цим на інверсному виході тригера управління з'являється рівень логічної одиниці, який відкриває схему «I2» для проходження через неї імпульсів від генератора на схему обробки даних з максимальною надлишковістю.

Тригер 3 в початковому стані перебуває в «одиниці», і рівень логічної одиниці з його прямого виходу через схему співпадання 5 пропускає імпульси від генератора на кільцевий лічильник 2, побудований на трьох тригерах. У початковому стані в перший тригер кільцевого регістра записана одиниця. З приходом тактового імпульсу одиниця переписується з тригера в тригер. Одиничний сигнал з першого тригера кільцевого регістра дозволяє запис шестирозрядної кодової комбінації в регістр двійкового слова. З виходу регістра записане слово надходить на схему формування перевіркової частини, з виходу якої імпульсом з виходу другого тригера кільцевого лічильника записується в регістр перевіркової частини. Таким чином сформовано пакет для передачі інформації в канал зв'язку. Імпульс з третього тригера кільцевого лічильника скидає тригер 3 в нульовий стан. На інверсному виході тригера одночасно з'являється рівень логічної одиниці. Цей сигнал дозволяє роботу десяткового лічильника. Починається режим передачі даних. Десять біт сформованої послідовності подаються на інформаційні входи мультиплексора. На адресні входи мультиплексора надходять коди адресів з виходів лічильника адрес в порядку зростання їх десяткових еквівалентів, починаючи з нульового. Кодова комбінація, що подається на адресні входи мультиплексора, визначає номер інформаційного входу, сигнал з якого передається на єдиний вихід мультиплексора. На адресних входах кодові комбінації перебираються послідовно, і, також послідовно підключаються входи до

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

виходу. Таким чином, в канал зв'язку послідовно передаються десять біт кодової послідовності. Передача в канал зв'язку здійснена. При появі кодової комбінації, що відповідає двійкового коду 10 відбувається скидання схеми лічильника з коефіцієнтом перерахунку 10 в початковий стан. Одночасно цей сигнал надходить на вхід установки тригера 3 в одиничний стан, переводячи його в режим управління записом наступного пакета. Схема знову готова для формування і передачі інформаційного 10- бітного пакета.

Процес формування і передачі пакета даних з максимальною надлишковістю повторюється до тих пір, поки знову по зворотному каналу даних не прийде сигнал про зміну режиму роботи.

У системі вибрано два режими роботи. Перший – це передача інформації по одному слову, організується у випадку великої кількості завад, і відповідно, великої кількості помилок. Другий – це передача пакета, сформованого з трьох двійкових слів. Інформаційні розряди доповнюються перевірочними за властивостями мажоритарних кодів.

Мажоритарні коди використовують можливість знаходження будь-якої точки площини системою комбінаторних координат.

Основне завдання конструювання мажоритарних кодів полягає у визначенні кількості та значення контрольних символів і способів виявлення позиції, на якій знаходиться спотворений символ.

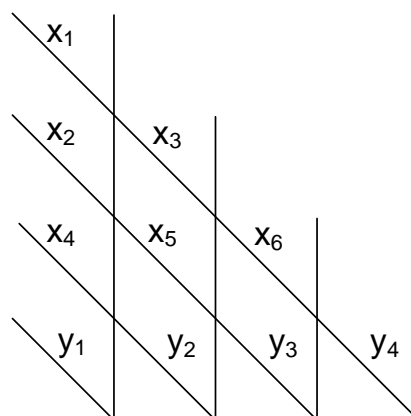


Рисунок 3.5 – Формування мажоритарного коригуючого коду для одного інформаційного слова

Нехай позиції інформаційної кодової групи пронумеровані зліва направо, а символи, які стоять в цих позиціях, позначені x_1, x_2, \dots, x_m . Записуємо ці символи по черзі в рядки трикутної матриці таким чином, щоб на одному (першому) рядку був записаний один символ x_1 , на другому рядку - два символи x_2, x_3 , на третьому - три - x_4, x_5, x_6 і т. д. На отриману трикутну матрицю накладаємо координатну сітку таким чином, щоб кожен інформаційний символ знаходився на перетині двох координатних ліній i і j (див. рис.3.5).

Перевірочні (контрольні) символи (позначимо їх через $y_1, y_2, y_3, \dots, y_k$) розташовуються уздовж однієї з трьох сторін матриці.

Значення перевірочних символів (в разі двійкових кодів 0 або 1) визначаються з перевірок інформаційних символів, розташованих уздовж відповідних координатних ліній, на парність, тобто співпадання з результатом підсумовування за модулем 2 відповідних інформаційних символів. Ця операція здійснюється за формулою (2.17):

$$\begin{cases} y_1 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 \\ y_2 = x_3 \oplus x_4 \oplus x_5 \\ y_3 = x_2 \oplus x_5 \oplus x_6 \\ y_4 = x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 \end{cases}$$

Підставляючи отримані значення перевірочних символів у відведені для них місця, отримуємо нову трикутну матрицю, в якій як число рядків, так і число стовпців збільшено на одиницю. Якщо прийнята кодова група не містить помилок, то результати перевірок на парність дорівнюють нулю (визначаються за формулою 2.18):

$$\begin{cases} y_1 \oplus x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 = 0 \\ y_2 \oplus x_3 \oplus x_4 \oplus x_5 = 0 \\ y_3 \oplus x_2 \oplus x_5 \oplus x_6 = 0 \\ y_4 \oplus x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 = 0 \end{cases}$$

Відображення символів, охоплених кожною перевіркою на парність, наведено в таблиці 2.2, з якої видно, які перевірки на парність дозволяють виявити спотворені кодові елементи.

Послідовність перевірок на наявність помилки, виправлення одиночної помилки в разі її появи проводиться по кроках, детально наведеними в алгоритмі функціонування системи (рис. 3.3).

При побудові інформаційного пакета, що складається з трьох слів, коригувальний код формується як показано на рисунку 3.6.

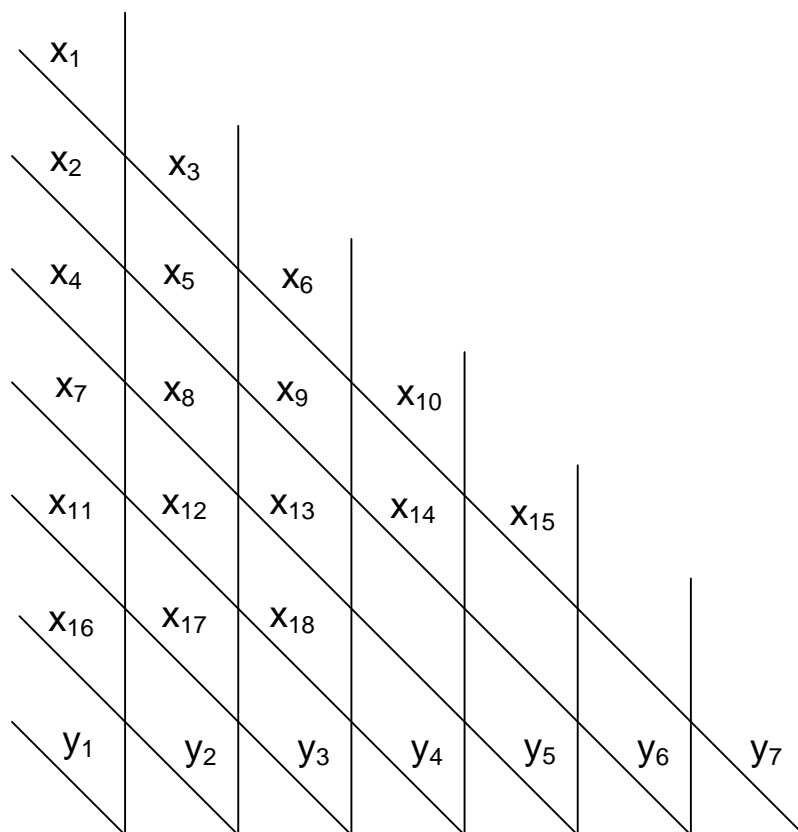


Рисунок 3.6 – Формування мажоритарного коригуючого коду з пакетом з трьох інформаційних слів

У цьому випадку формування перевірочних розрядів здійснюється за формулою (3.1):

Послідовність дій при виявленні і виправленні помилки, що виникла, детально представлена у вигляді блок-схеми алгоритму, наведеного на рисунку 3.7.

Мажоритарний коригувальний код виявляє і виправляє все одноразові помилки і деякі помилки подвійний кратності. Перевірочна таблиця для мажоритарного коду з параметрами $m=18$, $r=7$ наведена далі (див. табл. 3.1).

$$y_2 = x_3 \oplus x_5 \oplus x_8 \oplus x_{12} \oplus x_{16} \oplus x_{17}$$

$$y_3 = x_6 \oplus x_9 \oplus x_{11} \oplus x_{13} \oplus x_{17} \oplus x_{18}$$

$$y_4 = x_7 \oplus x_{10} \oplus x_{12} \oplus x_{14} \oplus x_{18}$$

$$y_5 = x_4 \oplus x_8 \oplus x_{13} \oplus x_{15}$$

$$y_6 = x_2 \oplus x_5 \oplus x_9 \oplus x_{14} \oplus x_{15}$$

$$y_7 = x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 \oplus x_{10} \oplus x_{15}$$

(3.1)

Таблица 3.1 – Перевірочна таблиця

№	Інформаційні																		Перевірочні							
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	
1	+	+		+			+				+					+			+							
2			+		+			+				+				+	+			+						
3						+			+		+		+				+	+			+					
4							+			+		+		+				+				+				
5				+				+					+		+								+			
6		+			+				+					+										+		
7	+		+			+				+					+											+

На наступному етапі проводиться деталізація функціональної схеми, обґрунтування вибору елементів і розрахунок основних вузлів принципової схеми.

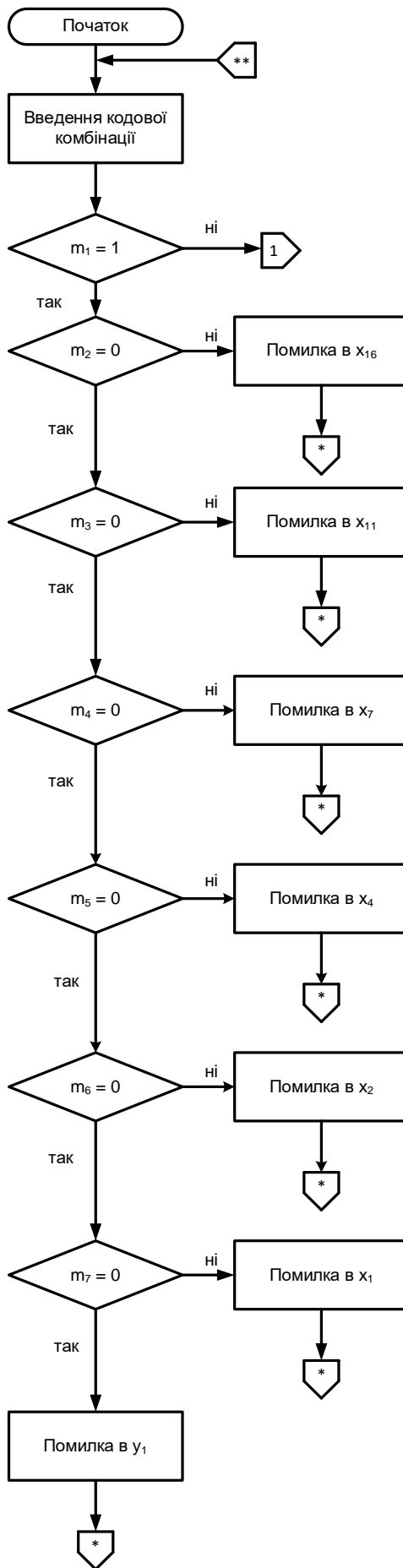
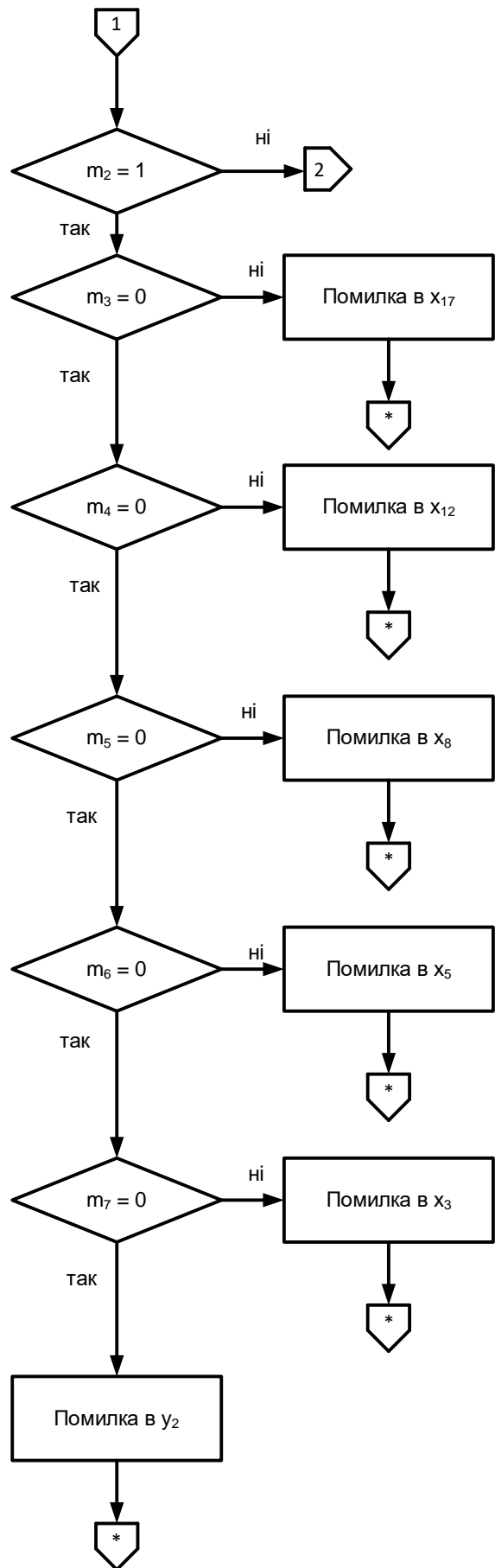
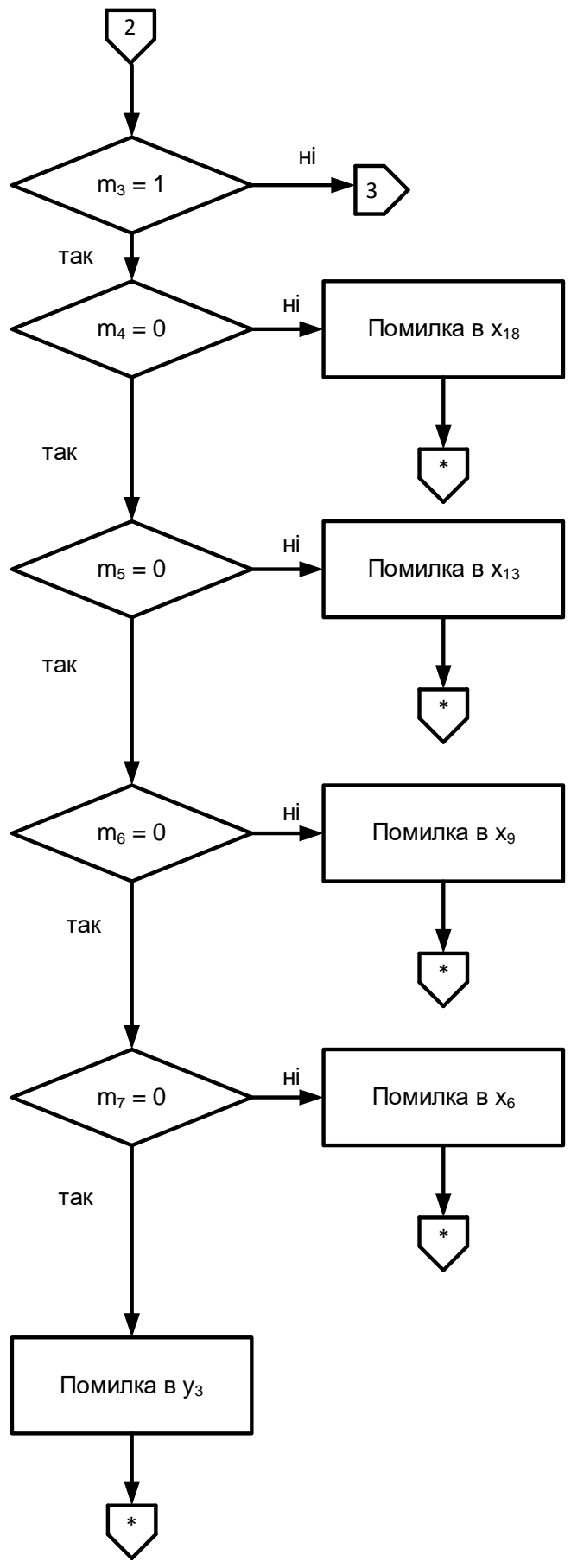


Рисунок 3.7 – виправлення помилок в коді з параметрами $m=18$, $r=7$

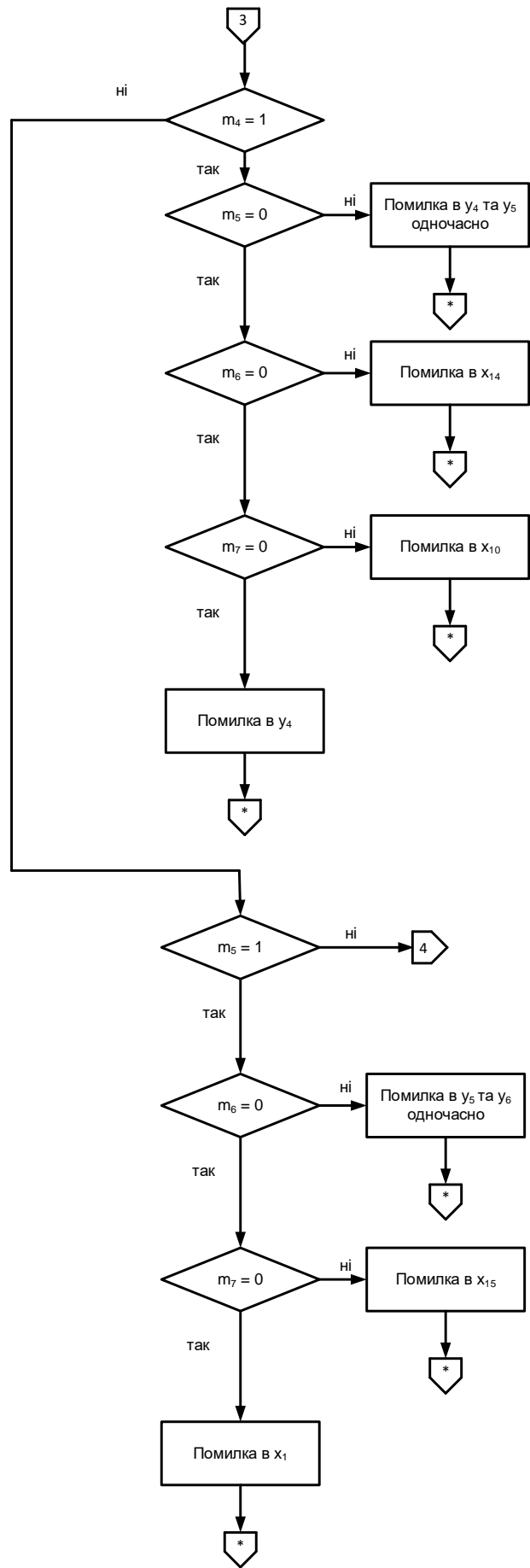
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Продовження рисунка 3.7

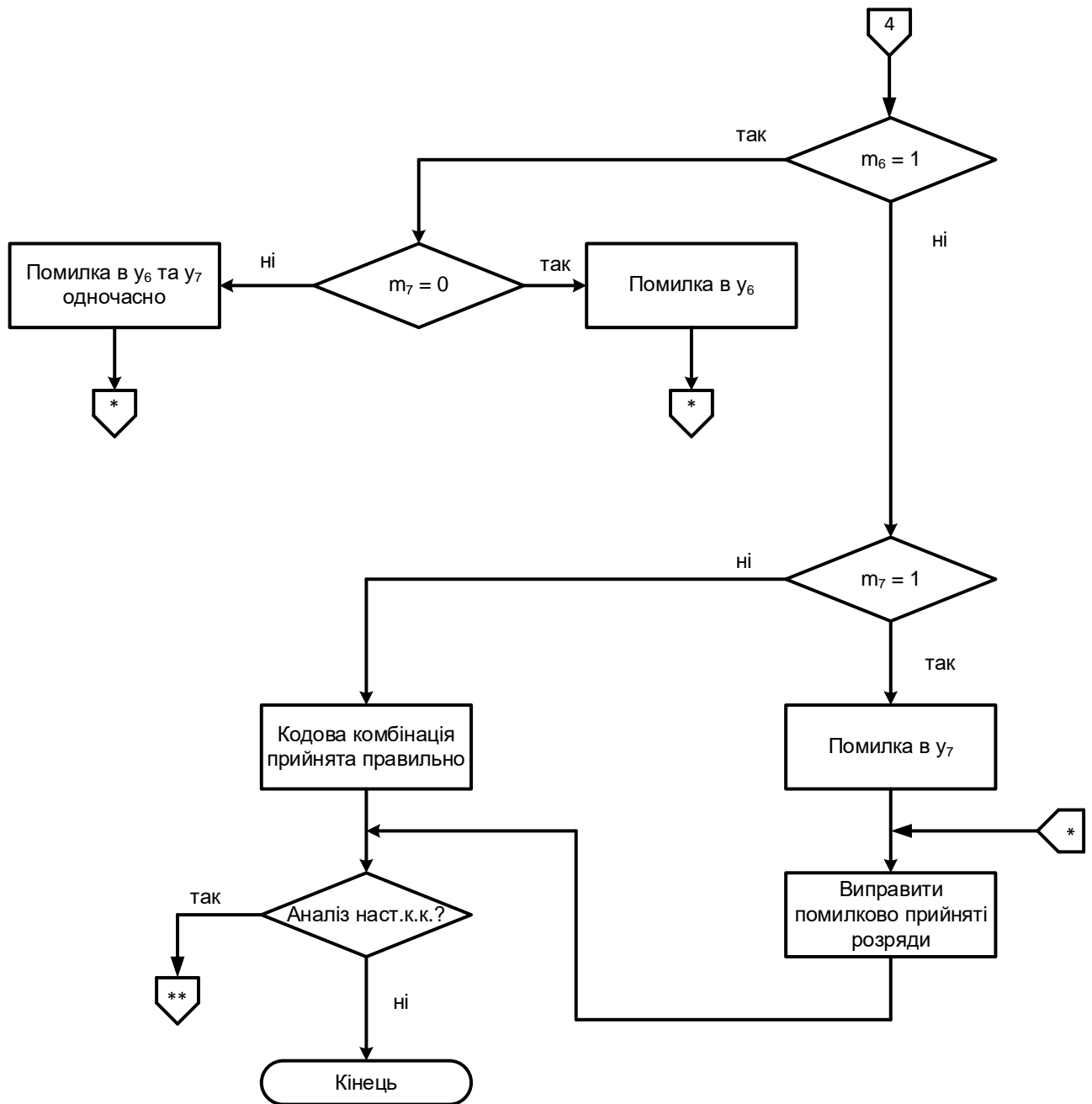


Продовження рисунка 3.7



Продовження рисунка 3.7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Продовження рисунка 3.7.

3.3 Розробка і розрахунок принципів електричних вузлів і блоків пристрою

У випускній роботі виконаємо розробку принципової схеми передавально-го пристрою, який працює в двох режимах - передача інформації з мінімальною і максимальною надмірністю. При побудові адаптивної системи передачі виділи-мо такі основні блоки: формувачі мажоритарних кодів з вибраною розрядністю, перетворювач паралельного коду в послідовний, паралельні регістри для корот-

кочасного збереження інформації, керуючі лічильники в схемі керування, схема керування кодуємим пристроєм, схеми формування перевірочних розрядів.

Практична реалізація кодера мажоритарних кодів повинна припускати оптимальний вибір реальних мікросхем.

3.3.1 Вибір елементної бази. Найголовнішим завданням при виборі елементної бази є обґрунтування вибору конкретної серії (або серій) інтегральних мікросхем, а також електрорадіоелементів, необхідних для найефективнішої реалізації системи, що проектується.

Найголовнішими критеріями вибору серії (серій) ІМС є:

- наявність необхідних функціональних вузлів у вибраній серії ІМС;
- максимально мала потужність споживання;
- максимальна швидкодія вибраних елементів, виконання вимог по робочій частоті і умовам експлуатації;
- невисока вартість;
- можливість управляти необхідними елементами, наприклад, індикаторами без додаткових підсилень і перетворень вихідних сигналів і т.п.

Вибір елементної бази необхідно проводити в наступній послідовності:

- за функціональною схемою системи, що розробляється, формується список необхідних функціональних вузлів (в склад схеми можуть входити: лічильники, регістри, шифратори, перетворювачі коду тощо), аналізуються та їх параметри;
- по довідниках цифрових мікросхем аналізуються серії ІМС, що містять всі або більшу частину необхідних функціональних вузлів. При відсутності деяких функціональних вузлів визначається можливість їх синтезу за допомогою інших елементів, що входять до складу серії;
- на основі докладного аналізу визначається одна або декілька серій, що буде використана для побудови системи або пристрою.

При виборі дискретних елементів (індикаторів, електромагнітних реле і т.д.), які входять до складу системи, що проектується, необхідно використовувати такі елементи, які будуть керуватися сигналами з мікросхем або спеціальними мікросхемами сполучення, що входять до складу серій. В іншому випадку необхідно буде провести розрахунок схем сполучення на дискретних елементах.

Вибрані елементи радіо-електронної апаратури доцільно ілюструвати таблицями, графіками, тощо, наприклад:

- таблиця відповідності складу серій необхідним функціональним вузлам;

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

- можливість реалізації функціональних елементів на дискретних логічних елементах серії;
- таблиця характеристик обраних серій ІМС;
- таблиця характеристик необхідних дискретних елементів.

На підставі аналізу даних таблиць проводиться вибір елементної бази.

У наведеній нижче таблиці наведені для порівняння основні характеристики цифрових мікросхем різних серій.

Таблиця 3.2 – Порівняльні характеристики цифрових ІМС

Параметр	K155	K134	K531	KP1530	KP1531	KP1533
Час затримки, нс	10	33	3	1,5	2,7	4
Потужність споживання мВт	10	10	20	22	4	1
Фактор якості, пДж	100	33	60	33	10,8	4

ІМС серії KP1533 мають функціональні аналоги в інших серіях і співпадають з ними відносно призначення виводів у корпусі. Це дозволяє виконувати повну заміну мікросхем серії K555, K533, K155, KP1531.

При розробці адаптивної системи на основі мажоритарних кодів будемо використовувати цифрові мікросхеми серії KP1533, яка побудована на основі транзисторно-транзисторної логіки. Малопотужні швидкодіючі цифрові інтегральні мікросхеми серії KP1533 призначені для організації високошвидкісної обробки цифрової інформації, електричного, частотного, часового, магнітного узгодження сигналів в системах обробки. Мікросхеми серії KP1533 в порівнянні з відомими серіями логічних ТТЛ мікросхем володіють параметрами максимальної швидкодії та мінімальним значенням добутку швидкодії на потужність, що розсіюється.

Зарубіжний аналог - серія SN74ALSxxxx фірми Texas Instruments (США).

Мікросхеми виготовляються за удосконаленою епітаксіально-планарною технологією з діодами Шоттки і оксидною ізоляцією, одно- і двох-рівневим металізованим розведенням на основі PtSi-TiW-AlSi.

Конструктивно мікросхеми серії КР1533 виконані в 14-, 16-, 20- і 24- видних стандартних пластмасових корпусах типу 201.14-1, 238.16-1, 2140.20-8, 2142.24-2.

Технічні характеристики:

- 1 Стандартні ТТЛ вхідні і вихідні рівні сигналу.
- 2 Напруга живлення $5,0 \text{ В} \pm 10\%$.
- 3 Затримка на вентиль 4 нс.
- 4 Потужність споживання на вентиль 1 мВт.
- 5 Тактова частота до 70 МГц.
- 6 Вихідний струм навантаження низького рівня до 24 мА.
- 7 Вихідний струм навантаження високого рівня до -15 мА.
8. Гарантовані статичні і динамічні характеристики при ємності навантаження 50пФ в діапазоні температур від -10С до + 70С і напрузі живлення 5,0 В 10%.
9. Стійкість до статичної електрики до 200В.
10. Широкий набір типоміналів мікросхем.

Статичні характеристики цифрових мікросхем серії КР 1533 мають такі значення: максимальний рівень 0-0.5 В при втікаючому вихідному струмі 8 мА, мінімальний рівень 1-2.5 В при витікаючому вихідному 0.4 мА, вхідний струм при рівні 0 на вході - не більше 0.2 мА, при рівні 1 - не більше 20 мкА, що забезпечує здатність навантаження до 40 входів. Найголовнішим при виборі серії мікросхем КР 1533 є найбільша гранична напруга перемикання і, як наслідок, найкраща стійкість перед перешкодами.

3.3.2 Синтез лічильників керування. Цифровий лічильник імпульсів – це функціональний вузол, який призначений для підрахунку імпульсів, що надходять на його лічильний вхід. Результат підрахунку фіксується лічильником у вигляді кодової комбінації, що запам'ятовується тригерами і може зберігатися будь-який необхідний час.

Лічильники можуть як підраховувати імпульси, так і віднімати їх. Перші з них називаються підсумовуючими лічильниками, або лічильниками прямої лічби, для них є характерною операція інкрементації, тобто збільшення стану лічильника на одиницю. Лічильники, які вмюють віднімати імпульси називають віднімальними або лічильниками зворотної лічби, їх характеризує операція декрементації, або зменшення стану лічильника на одиницю. Лічильники, що вмюють

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

працювати, як режимі додавання, так і в режимі віднімання в залежності від керуючих сигналів, називаються реверсивними. Крім того, в лічильниках виконуються і такі мікрооперації, як установки в вихідні стани, зберігання, видача слів і інше.

Лічильники будуються на тригерах, при цьому кількість імпульсів, яку може підрахувати лічильник, визначається із виразу:

$$K_{рах} = 2^n$$

де n – число тригерів, з яких побудована схема лічильника. Крім того, в лічильниках виконуються такі операції, як установка лічильника в початковий стан, зберігання, видача слів і таке інше. Кількість станів лічильника, що визначається наведеною формулою Перш за все лічильник характеризується модулем рахунку (кількістю дозволених станів лічильника. ємністю). Лічильник переходить при надходженні вхідних сигналів зі стану в стан, після кожних K сигналів повертаючись до початку циклу, тобто модуль рахунку - це граничне число імпульсів, яке може бути пораховано лічильником. Наприклад, при $K_{рах} = 8$ лічильник має 8 стійких станів і кожен восьмий імпульс, що надходить на його вхід, буде повертати лічильник в початковий стан. При розрядності чотири лічильник буде мати шістнадцять дозволених станів - $K_{рах} = 16$.

Оскільки в двійкових лічильниках модуль рахунку пов'язаний залежністю $K_{рах} = 2^N$ з числом розрядів (тригерів) лічильника, то може дорівнювати тільки цілій степені двох, тобто: 2, 4, 8, 16, 32, 64 і т.і. Але на практиці частіше виникає необхідність в лічильниках, які рахують в інших системах координат, наприклад, необхідно рахувати дні тижня, місяці, години і т.і.

Принцип побудови таких лічильників полягає у забороні зайвих стійких станів у лічильника з $K_{рах} = 2^N$, тобто в організації схем, що виключають деякі стани лічильника.

Найпоширенішим методом побудови лічильників з довільним коефіцієнтом перерахунку є метод «з дешифрацією станів». Найголовніша перевага методу – природний порядок рахунку в таких лічильниках.

Назва методу показує основну властивість побудованого лічильника з довільним коефіцієнтом перерахунку – дешифрація першої зайвої комбінації. Структурна схема, що реалізує цей спосіб, показана на рисунку 3.8.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

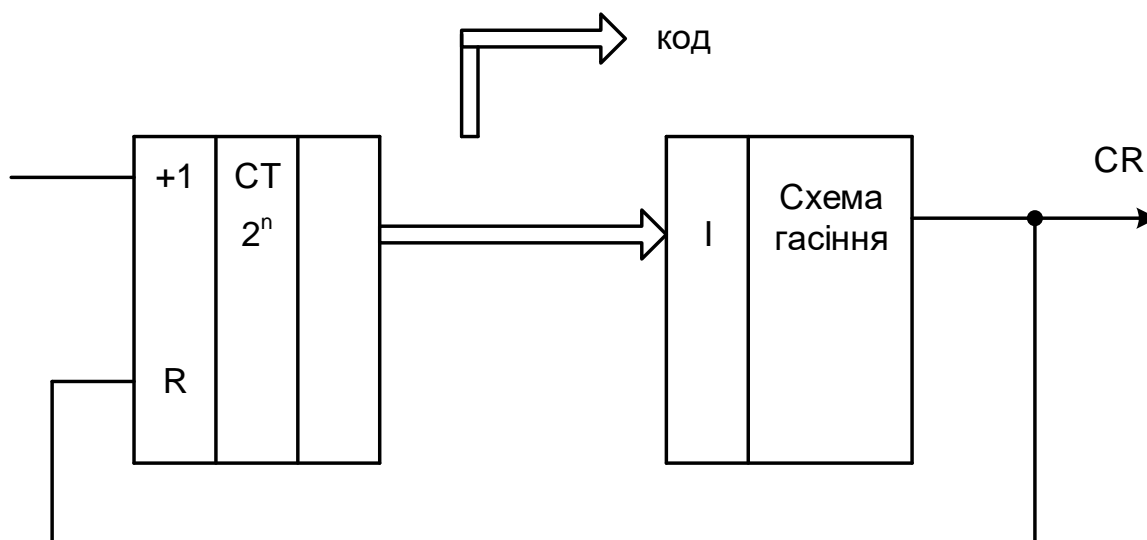


Рисунок 3.8 – Структурна схема лічильника з заданим коефіцієнтом та природнім порядком рахунку

Реалізація лічильника за даним методом передбачає виконання наступних кроків:

- визначення кількості необхідних тригерів для реалізації бажаного коефіцієнту перерахунку, вираховується за формулою:

$$n = \lceil \log_2 K_{\text{рах}} \rceil$$

- знаходиться двійковий еквівалент першої забороненої комбінації;
- аналізується функціонування вибраних тригерів за входами скидання тригерів в нульовий стан;
- схема доповнюється елементом співпадіння «I», (у випадку керування асинхронних входів тригера одиницею або елементом «I-НІ», якщо тригер керується нульовим сигналом), який за станами виходів Q_i виявляє код кінця рахунку, після чого ланцюгом R скидає лічильник в нуль.

На рисунку 3.9 наведена функціональна схема лічильника з модулем рахунку, що дорівнює десяти, виконаного за методом «з дешифрацією станів».

В кодуєчому пристрої системи в схемі управління для перебору адрес мультиплектора необхідно реалізувати лічильник з коефіцієнтом рахунку, рівним десяти. У початковому стані тригери повинні бути в нулі, що забезпечується подачею на вхід скидання сигналу логічного нуля, так як в якості тригерів для да-

них лічильників можуть бути обрані мікросхеми К1533 ТМ2, керовані логічним нулем. Лічильник складається з чотирьох ступенів.

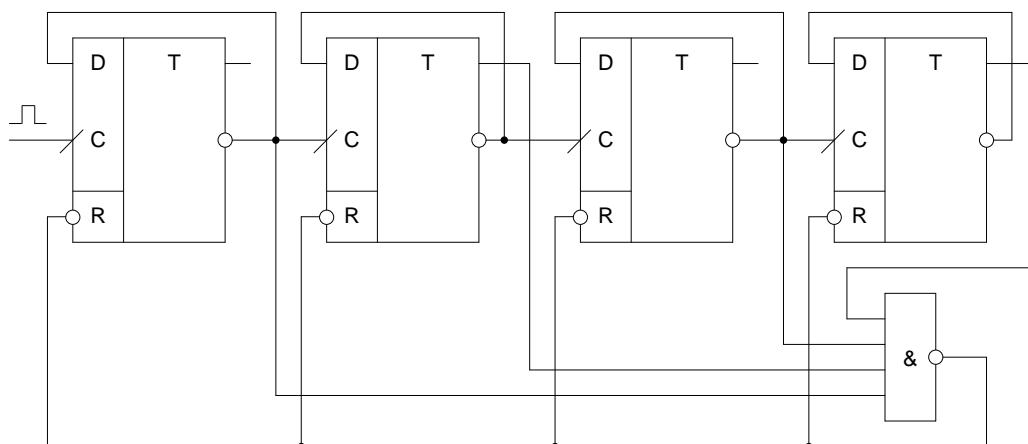


Рисунок 3.9 – Функціональна схема лічильника з модулем рахунку, що дорівнює десяти, виконаного за методом «з дешифрацією станів».

Підсумовуючий лічильник побудовано на мікросхемах КР 1533 ТМ2 (див. рис. 3.10) - подвійний динамічний D - тригер, виконаний за схемою трьох тригерів із записом інформації по передньому фронту імпульсу.

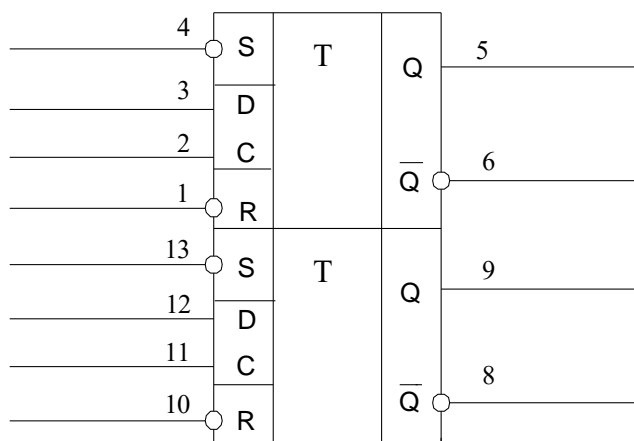


Рисунок 3.10 – Мікросхема КР 1533 ТМ2

Призначення виводів КР 1533 ТМ2:

- | | |
|------------------|---------------|
| 1 Вхід \bar{R} | 8 Вихід Q_2 |
| 2 Вхід D | 9 Вихід Q_2 |

3 Тактовий вхід C	10 Вхід S
4 Вхід S	11 Тактовий вхід C
5 Вихід Q1	12 Вхід D
6 Вихід \bar{Q}_1	13 Вхід \bar{R}
7 Спільний GND	14 Живлення VCC

Функціонування мікросхеми відбувається згідно таблиці 3.3:

Таблиця 3.3 – Таблиця функціонування КР 1533 ТМ2

Входи				Виходи	
S	R	C	D	Q	\bar{Q}
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H
H	H		H	H	L
H	H		L	L	H
H	H	L	X	Q ₀	Q ₀

В інтегральному виконанні лічильники можна будувати на мікросхемах, наприклад: лічильник, на якому можна реалізувати будь-який коефіцієнт перерахунку, що не перевищує шістнадцяти.

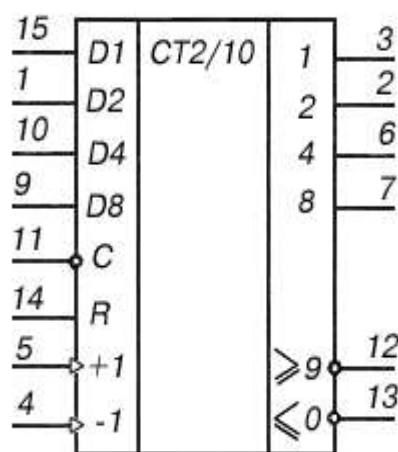


Рисунок 3.11 – Умовне графічне позначення мікросхеми К 1533 ІЕ6

3.3.3 Вибір та обґрунтування вхідного регістра двійкового числа. В якості регістру для запису і зберігання перевірочних символів кодового слова

вибираємо тригерну збірку К 1533 ТМ8, що містить чотири *D* - тригера з паралельним керуванням. Цоколювка мікросхеми наведена на рисунку 3.12.

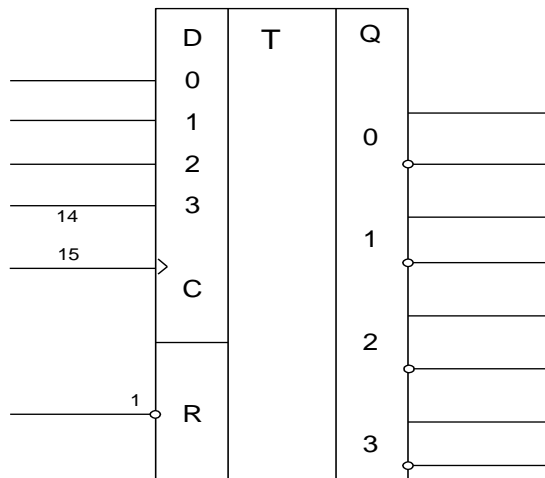


Рисунок 3.12 – Цоколювка мікросхеми К 1533 ТМ8

У реєстр сформоване двійкове число записується одночасно в паралельному коді, потім зберігається і обробляється також в паралельному коді, тому доцільно керувати всіма тригерами збірки одночасно. На рисунку 3.13 наведемо функціональну схему паралельного реєстра.

Перед початком роботи всього пристрою усі елементи пам'яті встановлюються в нульовий стан. Тому і реєстр контрольних розрядів обнуляється подачею на вхід скидання керуючого сигналу. Потім на входах даних з виходів схем додавання за модулем два виставляється інформація, призначена для перетворення і з надходженням імпульсу «пуск» на тактовий вхід реєстра ця інформація записується в реєстр. Записане слово зберігається у реєстрі, поки на наступному кроці не треба буде записати наступні чотири розряди кодового слова.

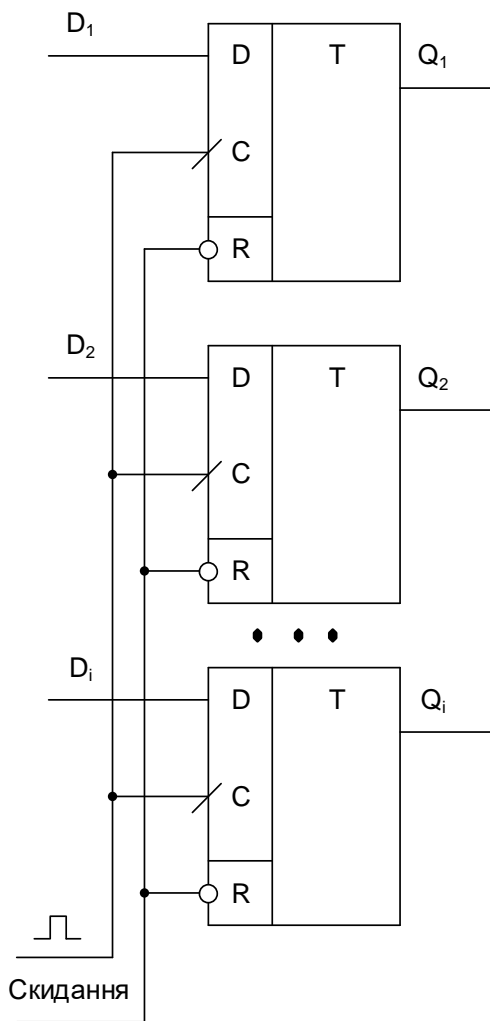


Рисунок 3.13 – Функціональна схема паралельного регістру зберігання

3.3.4 Проектування перетворювача паралельного коду в послідовний. Сформований мажоритарний код з заданою надлишковістю (згідно вибраного режиму передачі) необхідно передати у пристрій обробки та збереження інформації каналом зв'язку. Пристрій зберігання інформації знаходиться на значній відстані від передавача, тому паралельний мажоритарний код необхідно перетворити у послідовний код.

Для технічної реалізації перетворення паралельної кодової комбінації в послідовний код існує два основних способи. Перший спосіб передбачає застосування в якості перетворювача паралельної інформації в послідовний код паралельно-послідовний регістр, тобто регістр, інформація в який записується в паралельному коді, а видається в послідовному. Набагато частіше в якості паралельно-послідовних перетворювачів застосовують мультиплексори. Отже в адаптив-

ній системі мажоритарного кодування в якості паралельно-послідовного перетворювача будемо застосовувати саме мультиплексор.

Мультиплексори (від англ. Multiplex - багаторазовий) – застосовують для комутації у бажаному порядку інформації, що поступає з декількох вхідних шин на одну вихідну. За допомогою мультиплексора здійснюється часовий поділ інформації, що надходить з різних каналів. Кажуть, що мультиплексор виконує функцію безконтактного багатопозиційного перемикача.

Мультиплексори (або комутатори) мають дві групи входів і один, рідше два - взаємодоповнюючих виходи. Одна група входів – інформаційні входи, а інші призначені для керування. До них відносять адресні та ті, що дозволяють (стробують) входи. Якщо мультиплексор має n адресних входів, то число інформаційних входів має бути не більше, ніж 2^n . Комбінація сигналів на адресних входах мультиплексора визначає конкретний інформаційний вхід, який буде з'єднаний з відповідним вихідним виводом.

Вхід стробування (дозволу) виконує керування одночасно всіма інформаційними входами незалежно від стану адресних входів. Сигнал заборони на цьому вході блокує функціонування всього пристрою. Наявність входу дозволу розширює функціональні можливості мультиплексора, дозволяючи узгоджувати його роботу з роботою інших вузлів. Вхід дозволу використовується також для нарощування розрядності мультиплексорів.

Цифрові мультиплексори ТТ-логіки, виконані у вигляді самостійних мікросхем, розрізняються головним чином числом інформаційних і адресних входів, наявністю або відсутністю входу дозволу, а також характером вихідних сигналів (відносно вхідних інформаційних), які можуть бути прямими, інверсними або парними.

Для вирішення нашого завдання - перетворення десятирозрядного коду необхідно вибрати мультиплексор, який має не менше десяти інформаційних входів. Для цих вимог найкраще підходить мультиплексор К1533 КП1 (рисунок 3.14).

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

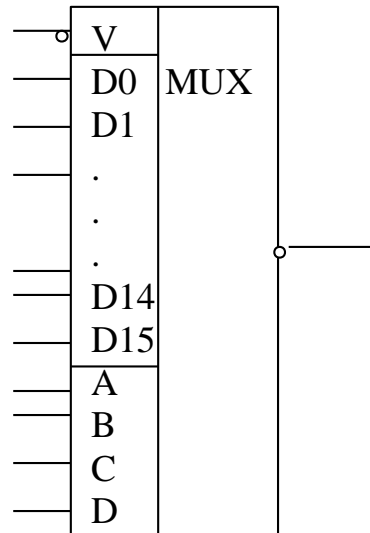


Рисунок 3.14 – Умовне позначення мікросхеми К1533 КП1

Він має 16 інформаційних входів ($D_0 - D_{15}$) і чотири входи керування A, B, C, D , інверсний вхід дозволу V і один інверсний вихід F . Залежно від цифрової комбінації на входах керування сигнали з вибраного інформаційного входу проходять в інвертованому вигляді на відповідний вихід мікросхеми. Перетворення інформації можливе, якщо на вході дозволу діє напруга низького рівня. У випадку високого рівня напруги на вході дозволу схема блокується і на виході мікросхеми виникає напруга високого рівня.

Логічна функція, що реалізується мікросхемою К1533 КП1, має наступний вигляд:

$$\bar{F} = \bar{V}(\bar{D}\bar{C}\bar{B}\bar{A}x_0 \vee \bar{D}\bar{C}\bar{B}Ax_1 \vee \dots \vee DCB\bar{A}x_{14} \vee DCBAx_{15})$$

Робота мультиплексора описується таблицею 3.4.

Таблиця 3.4 - Таблиця істинності мікросхеми К1533 КП1

V	D	C	B	A	D0	D1	D2	D13	D14	D15	\bar{F}
0	0	0	0	0	1/0	*	*	*	*	*	0/1
0	0	0	0	1	*	1/0	*	*	*	*	0/1
0	0	0	1	0	*	*	1/0	*	*	*	0/1
...
0	1	1	0	1	*	*	*	1/0	*	*	0/1
0	1	1	1	0	*	*	*	*	1/0	*	0/1
0	1	1	1	1	*	*	*	*	*	1/0	0/1
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1

Десятирозрядний мажоритарний код будемо подавати на інформаційні входи мультиплексора D_0-D_9 , до адресних входів необхідно підключити виходи двійкового лічильника, який буде перебирати в порядку зростання адресні коди комбінації. Оскільки інформаційними, в нашому випадку є лише десять з шістнадцяти інформаційних шин, тому на адресні входи будемо подавати також лише десять адресних комбінацій. Цю задачу можна вирішити за допомогою лічильника з необхідним (в даному випадку - десятковим) коефіцієнтом перерахунку. Побудуємо схему такого лічильника на D-тригерах, включених в лічильному режимі. Схема такого лічильника наведена на рисунку 3.16. Невикористані входи мультиплексора можуть бути задіяні для організації старт-стопових імпульсів керування процесом передавання інформації.

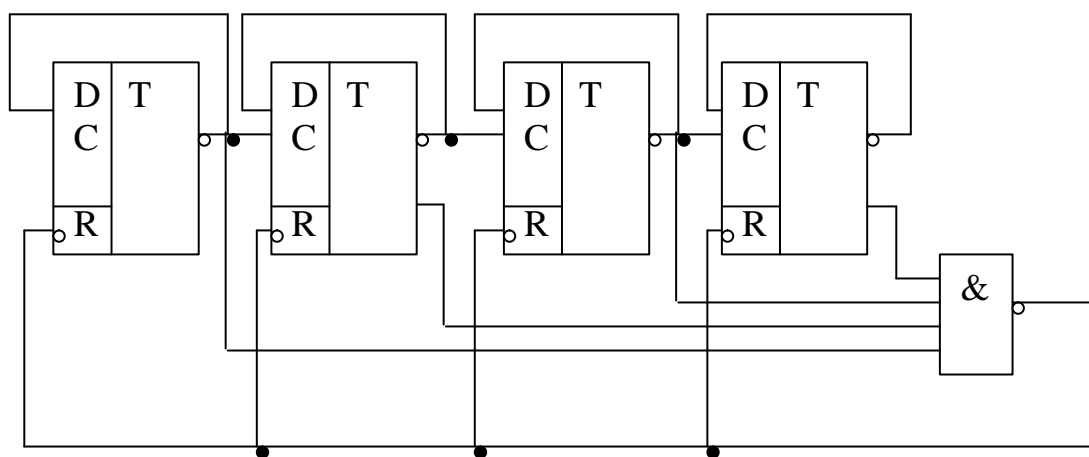


Рисунок 3.16 – Схема управління мультиплексором К1533 КП1

Розглянемо більш докладно роботу перетворювача паралельного коду в послідовний.

Перетворювач паралельного коду в послідовний має два режими роботи – режим очікування сформованих перевірочних розрядів i , власне, режим перетворення. Поки формувач мажоритарного коду здійснює формування перевірочних символів, перетворювач паралельного коду повинен перебувати в режимі очікування. Цей режим виконується завдяки наявності на вході дозволу V рівня логічної одиниці, яка блокує роботу мультиплексора. При цьому в канал зв'язку видається сигнал логічної одиниці, так як обраний мультиплексор має інверсний вихід. Однак при такому рішенні i всі інформаційні біти також будуть проінвертовані, але більш доцільним буде поставити на виході мультиплексора інвертор,

який знову буде перетворювати інверсне значення інформаційних біт в пряме. Таким чином, цей же інвертор при наявності на вході дозволу рівня логічної одиниці в режимі очікування в канал зв'язку буде транслювати логічний нуль, що в техніці передачі даних відповідає терміну і стану каналу, що отримав назву «тиша в каналі». Після завершення формування перевірочних розрядів необхідно передавати в канал зв'язку сформовані повні кодові комбінації. В режимі перетворення паралельного коду в послідовний на керуючий вхід мультиплектора треба подати «логічний нуль», що дозволяє видачу кодової комбінації в канал зв'язку під впливом керуючих сигналів, що надходять на адресні входи. При цьому першим адресним кодом буде код 0000, який підключить до виходу інформаційний вхід з номером нуль. Далі лічильник керування, перебираючи свої стани, буде послідовно підключати до виходу мультиплектора його входи від $D1$ до $D9$. Як тільки лічильник спробує встановитися в стан 10, що відповідає першій забороненій для керуючого лічильника комбінації, зворотний зв'язок, що впливає на ланцюг скидання тригерів в нуль, переключить лічильник в початковий (нульовий) стан. Перед початком передачі інформації лічильник обов'язково повинен знаходитися в нульовому (початковому) стані, щоб забезпечувати послідовний перебір кодів адрес, починаючи з нульового. Таким чином, лічильник буде керувати тільки десятьма бітами, не дозволяючи передачі в канал зв'язку зайвої інформації. Після завершення режиму передачі мажоритарного коду мультиплексор знову повертається в режим очікування на наступну кодову комбінацію. Режим очікування, як і раніше, здійснюється подачею на вхід дозволу мультиплектора рівня логічної одиниці. Формування керуючих сигналів, що надходять на вхід дозволу, здійснюється схемою управління всього пристрою.

3.3.5 Синтез схем формування перевірочних розрядів. В пристрої кодування необхідно синтезувати дві схеми, що формують перевірочні розряди - для режиму передачі інформації з мінімальною та максимальною надмірністю.

При побудові формувача перевірочної частини при максимальній надмірності схема будується за формулами (2.17), які мають однакову довжину. Сигнал результату для всіх перевірочних розрядів послідовно проходить через два елементи. Час поширення сигналу в схемі однакове для всіх перевірочних розрядів. Для формувача перевірочної частини з мінімальною надмірністю схема будується за системою рівнянь (3.1), довжина виразів в якій - різна. Тому необхідно перевірити наявність такого фактора, як гонки сигналів.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

В системі (3.1) присутні рівняння, що мають чотири, п'ять і шість доданків. Наведемо можливі структури схем додавання сигналів.

Для виразу, в якому додаються шість сигналів можна запропонувати наступну компоновку:

$$1) \{[(x_1 \oplus x_2) \oplus (x_4 \oplus x_7)] \oplus (x_{11} \oplus x_{16})\}$$

$$2) \{[(x_1 \oplus x_2) \oplus x_4] \oplus [(x_7 \oplus x_{11}) \oplus x_{16}]\}$$

Відповідно, структура для першої формули подана на рисунку 3.17, а для другої – 3.18.

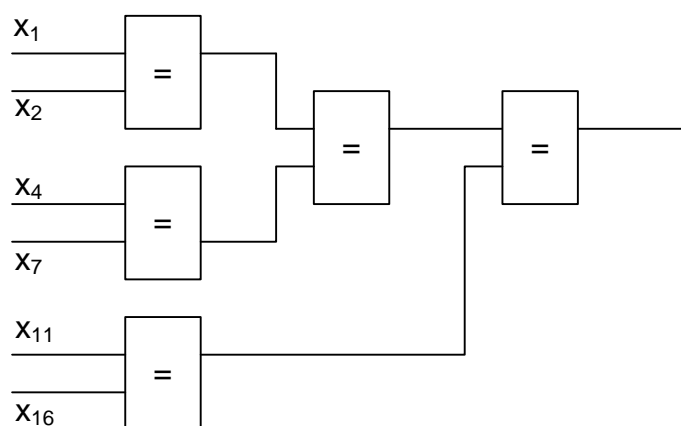


Рисунок 3.17 – Структура формувача за формулою (1)

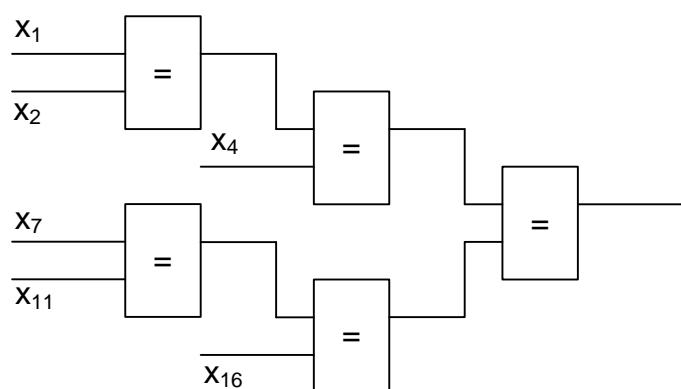


Рисунок 3.18 – Структура формувача за формулою (2)

Для виразу, в якому додаються п'ять сигналів можна запропонувати наступне компонування:

$$3) \{[(x_7 \oplus x_{10}) \oplus (x_{12} \oplus x_{14})] \oplus x_{18}\}$$

$$4) \{[(x_7 \oplus x_{10}) \oplus x_{12}] \oplus (x_{14} \oplus x_{18})\}$$

Відповідно, структура формувача для третьої формули наведена на рисунку 3.19, а для четвертої - 3.20.

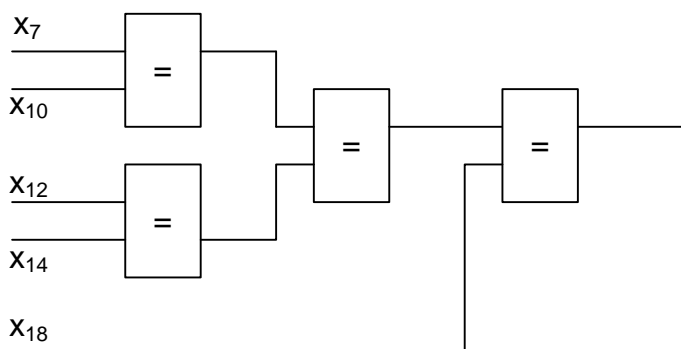


Рисунок 3.19 – Структура формувача за формулою (3)

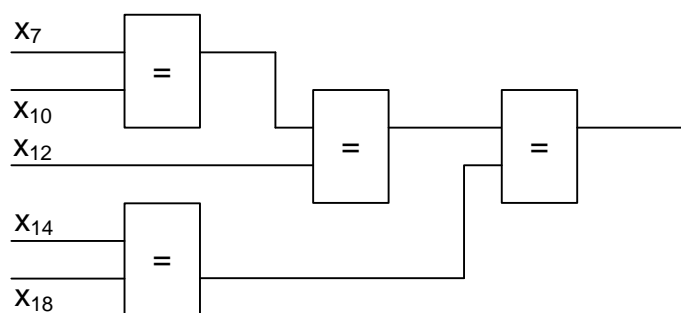


Рисунок 3.20 – Структура формувача за формулою (4)

Для виразів, що мають в формулі по чотири елементи пропонується наступне компонування:

$$5) \{[(x_4 \oplus x_8) \oplus x_{13}] \oplus x_{15}\}$$

$$6) [(x_4 \oplus x_8) \oplus (x_{13} \oplus x_{15})]$$

Відповідно, структура для п'ятої формули наведена на рисунку 3.21, а для шостої – 3.22.

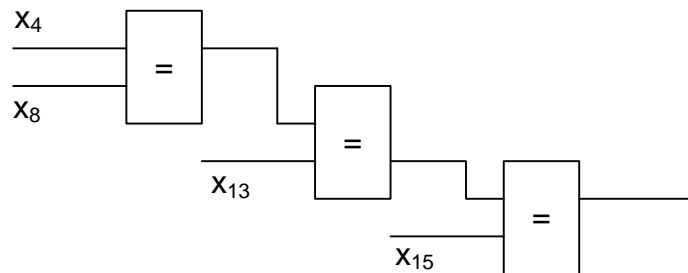


Рисунок 3.21 – Структура формувача за формулою (5)

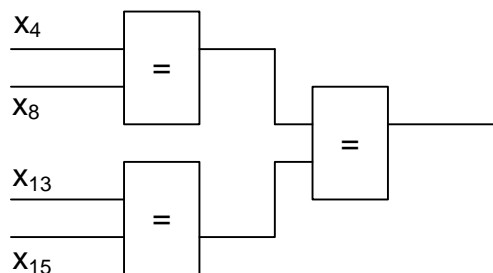


Рисунок 3.22 – Структура формувача за формулою (6)

У схемах, наведених на рисунках 3.17-3.21, сигнали проходять через три елементи, а на рисунку 3.22 - через два. Для забезпечення однакової затримки вибираємо при додаванні чотирьох сигналів варіант структури, запропонований на рисунку 3.21. Для п'яти і шести сигналів схеми дають однаковий час затримки, тому можна вибрати будь-який варіант. У принциповій схемі вибираємо компоновку за формулами 1 і 3, відповідно - структури - на малюнках 3.17 і 3.19.

Додавання сигналів проводиться за допомогою елементів К1533 ЛП5, які реалізують операцію «сума за модулем два».

Операція сума за модулем два (виключене АБО, логічна нерівнозначність) позначається символом \oplus і визначається співвідношенням:

$$x \oplus y = \bar{x}y \vee x\bar{y} = (\bar{x} \vee \bar{y})(x \vee y).$$

Цю операцію описують наступною таблицею істинності (наведена в таблиці 3.5).

Таблиця 3.5 – Таблиця істинності для операції сума за модулем 2

№п/п	x	y	$F = x \oplus y$
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0

Застосовуючи аксіоми алгебри логіки легко

Используя аксиомы алгебры логики или таблицу истинности легко переконатися, що:

$$0 \oplus 0 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$0 \oplus 1 = 1 \oplus 0 = 1$$

Зі співвідношень випливає, що значення $x \oplus y$ збігається зі значенням молодшого розряду суми двох двійкових чисел, де x та y - значення молодших розрядів цих чисел. Відповідно до цього значення i -го розряду суми двох двійкових чисел буде визначатися значенням $x_i \oplus y_i \oplus z_i$, де x_i та y_i - значення i -х розрядів двійкових чисел, а z_i - перенесення в i -й розряд з попереднього $(i - 1)$ -го розряду.

Операція сума за модулем два комутативна, асоціативна і дистрибутивних щодо операції кон'юнкції, тобто:

$$x \oplus y = y \oplus x$$

$$x \oplus (y \oplus z) = (x \oplus y) \oplus z$$

$$x(y \oplus z) = xy \oplus xz$$

3.3.6 Синтез схеми керування. Схема керування необхідна, щоб узгодити роботу окремих вузлів пристрою. Схема керування включає в себе три керуючих тригера, тактовий генератор, схеми співпадіння.

При розгляданні роботи керуючого пристрою необхідно акцентувати увагу на наявність в схемі керування кільцевого лічильника, структурна схема яко-

го наведена на рисунку 3.23, а часова діаграма, яка пояснює його роботу на рисунку 3.24.

Перед початком роботи в кільцевий лічильник необхідно записати логічну одиницю в один з розрядів. При включенні на вхід установки тригера в одиничний стан надходить імпульс негативної полярності, що переводить перший тригер схеми в одиничний стан. Одночасно через інвертор надходить імпульс такої ж довжини, але протилежної полярності на вхід R першого тригера і на всі інші входи S інших тригерів. Таким чином, у лічильнику записана одиниця, причому вона записана у старшому розряді. Імпульси керування, що надходять на тактовий вхід кільцевого лічильника переписують одиницю з однієї ступені в наступну. Цей зсув здійснюється по колу. На прямих виходах тригерів з'являються імпульси, довжина яких дорівнює періоду вхідних імпульсів.

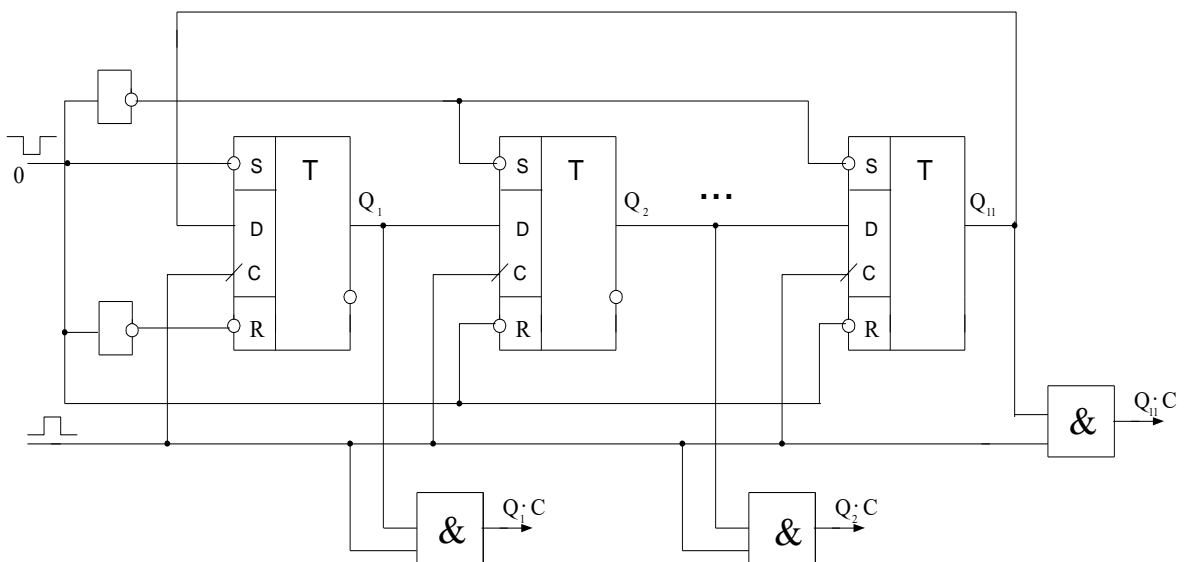


Рисунок 3.23 – Структура кільцевого лічильника керуючого пристрою

Кільцеві лічильники присутні і при формуванні інформаційного пакета з мінімальною надмірністю, і при формуванні пакета з максимальною надмірністю. Структура пропонуваніх елементів однакова, відмінність тільки в кількості з'єднаних тригерів. В одному випадку послідовно з'єднуються п'ять тригерів, у другому - три.

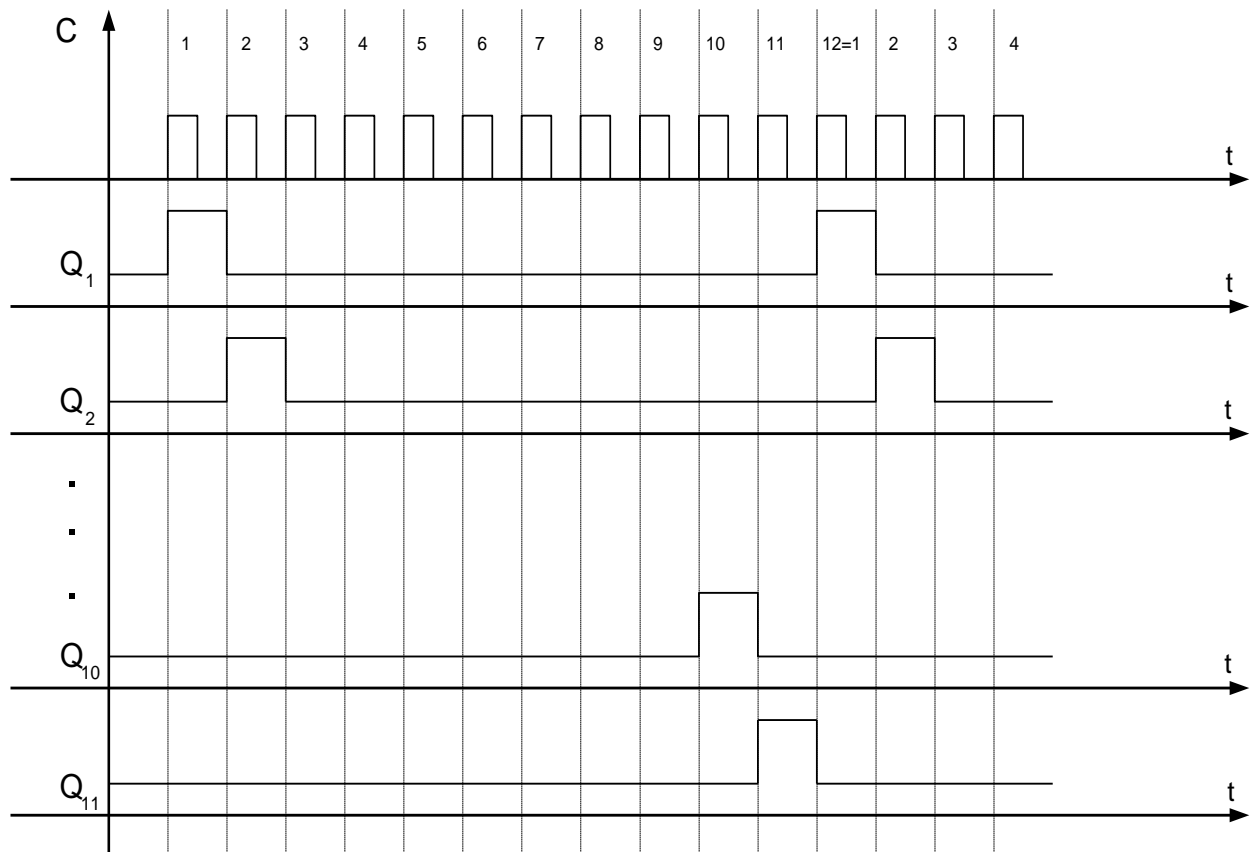


Рисунок 3.24 – Часова діаграма роботи кільцевого лічильника

На виходах тригерів виникають сигнали тривалістю, що дорівнює періоду вхідних сигналів. Для формування імпульсів, що виникають в ті ж моменти часу, але мають тривалість, порівнянну з тривалістю імпульсів тактового генератора організовані додаткові схеми «І», на один з входів яких надходять імпульси з виходів тригерів, а на інші входи надходять імпульси з генератора. Кон'юнкція цих сигналів і дає імпульси заданої тривалості. Часова діаграма, що ілюструє цей процес, представлена на рисунку 3.25.

Перший кільцевої лічильник побудовано з трьох тригерів, замкнених в кільце. Перший тригер при включенні встановлюється в одиничний стан, другий і третій - в нульове. Імпульс з виходу першого тригера використовується для запису у вхідний регістр інформаційної частини кодової комбінації, імпульсом дозволу з виходу другого тригера відбувається запис в регістр зберігання перевірочних розрядів, а третій - для формування керуючого сигналу скидання другого тригера управління в нуль.

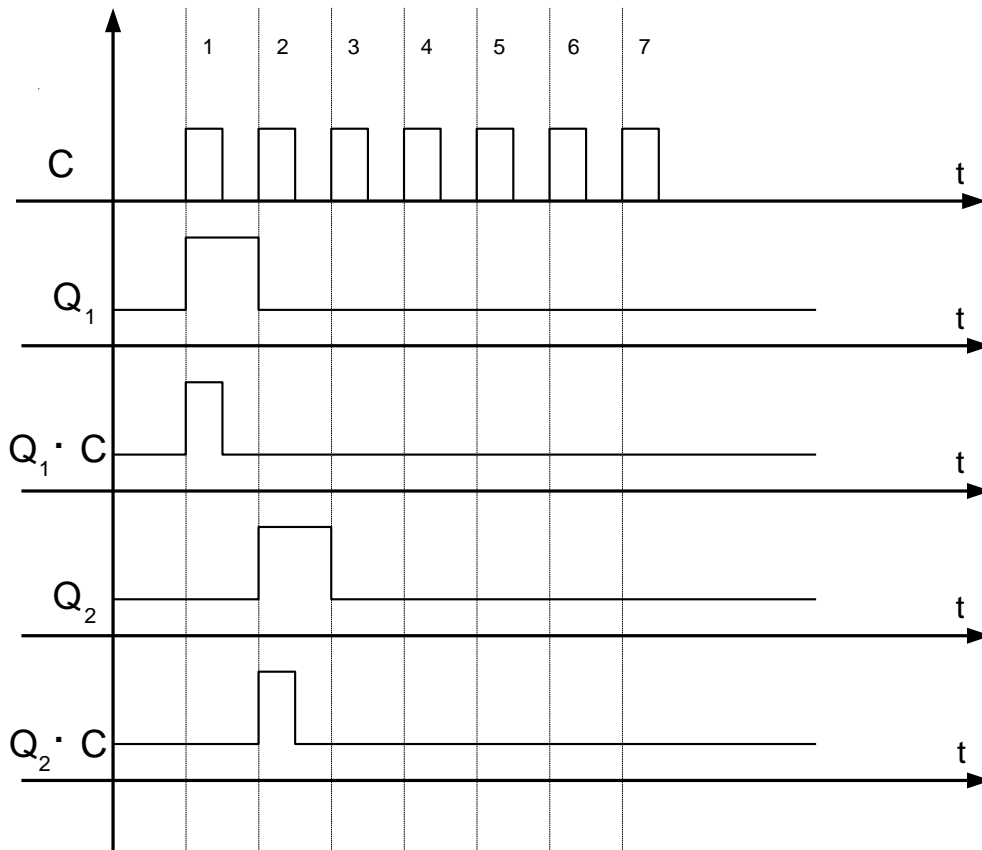


Рисунок 3.25 – Формування керуючих сигналів кільцевим

Крім того, блок керування повинен при вмиканні пристрою встановити всі елементи пам'яті в початковий стан. Це здійснюється за допомогою кнопки К1 (див. рис. 3.26).

Тепер пристрій готовий до прийому і перетворенню інформації.

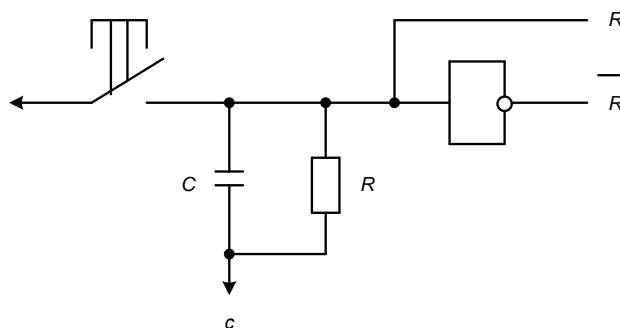


Рисунок 3.26 – Схема формування сигналів установки елементів з пам'яттю в нульовий стан

Принципова схема передавача реалізована на мікросхемах серії К 1533, вибір саме цієї серії мікросхем для синтезу пристрою обґрунтовано в пункті 3.3.1

Таким чином, проведений синтез схеми кодуєчого пристрої, розроблена схема управління і вибрані основні елементи керуючого блоку.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок повної собівартості пристрою

Собівартість пристрою, що формує мажоритарні кодові комбінації – це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво пристрою формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут – повну собівартість. Розрахунок собівартості пристрою за статтями витрат називається калькуляцією.

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом реалізацією пристрою групуються за такими статтями:

1. Матеріали та комплектуючі.
2. Основна заробітна плата.
3. Додаткова заробітна плата.
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.
6. Загальновиробничі витрати.
7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.

4.1.1 Матеріали та комплектуючі. Витрати на матеріали та комплектуючі вироби визначаються з ціни за одиницю матеріалу/комплектуючого та їх необхідної кількості.

Дані для розрахунку витрат на сировину та матеріали наведені в таблиці 4.1. Дані для розрахунку вартості комплектуючих наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Витрати на сировину та матеріали

Матеріал	Одиниця виміру	Норма витрати	Ціна за одиницю, грн.	Вартість, грн.
Склотекстоліт	м ²	0,15	23,50	1,50
Припой	кг	0,1	504,00	50,40
Лак	кг	0,01	980,00	9,80
				61,70

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на комплектуючі

Наименование элемента	Кількість, шт.	Ціна за од., грн.	Вартість, грн.
1	2	3	4
Конденсатори			
К50-63 25В*20мкФ ± 10%	4	2,75	11,00
КМ4 0,1мкФ ± 10%	40	0,30	12,00
Мікросхеми			
КР1533 КП1	3	8,00	24,00
КР1533 ТМ9	4	8,00	32,00
КР1533 ТМ8	3	7,50	22,50
КР1533 ЛН1	2	4,00	8,00
КР1533 ЛЕ1	1	4,00	4,00
КР1533 ЛА1	1	4,00	4,00
КР1533 ЛА3	1	4,00	4,00
КР1533 ЛИ1	1	4,00	4,00
КР1533 ЛП5	12	7,00	84,00
КР1533 ТМ2	10	7,00	70,00
КР1533 ЛЛ1	1	4,50	4,50
Інші елементи			
РВД-24	2	6,50	13,00
Сумарні витрати			297,00

4.1.2 Витрати на основну заробітну плату (Z_o):

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.1)$$

де C_i – годинна тарифна ставка окремого спеціаліста, що задіяний у виробництві пристрою, грн/год;

t_i – витрачений час робітником на виробництво і наладку пристрою, год;

n – кількість працівників, задіяних у виробництві пристрою.

Дані для розрахунку основної заробітної плати наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок основної заробітної плати

№ п/п	Найменування технологічної операції	Середній розряд роботи	Трудомісткість на один виріб, ч	Годинна тарифна ставка, грн.
1	Механічна	2	0,3	45,00
2	Хімічна	2	0,5	43,00
3	Складальна	2	0,2	42,00
4	Монтажна	3	0,8	50,00
5	Регулювальна	4	1,5	65,00

Вирахуємо основну заробітну плату за формулою 4.1:

$$Z_0 = 45,0 \cdot 0,3 + 43,0 \cdot 0,5 + 42,0 \cdot 0,2 + 50,0 \cdot 0,8 + 65,0 \cdot 1,5 = 173,34 \text{ (грн.)}$$

4.1.3 Додаткова заробітна плата. Вважаються преміальні доплати у розмірі 10 – 30% від основної заробітної плати. Визначимо 30%.

$$Z_d = 173,34 \cdot 30\% = 52,0 \text{ (грн.)} \quad (4.2)$$

4.1.4 Відрахування на соціальні заходи містять відрахування від суми основної і додаткової зарплати за встановленими ставками:

- на обов'язкове державне пенсійне страхування;
- на державне страхування від нещасних випадків;
- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, зумовленими народженням дитини і похованням.

Визначимо відрахування на соціальне страхування за формулою:

$$H_{зп} = (ЗП_0 + ЗП_d) \cdot 36,9\% \quad (4.3)$$

где $H_{зп}$ - отчисления на социальное страхование, грн.

$$H_{зп} = (173,34 + 52,0) * 36,9\% = 83,15 \text{ (грн.)}$$

4.1.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування складають від 120% до 150 % від основної заробітної плати. Виберемо 120%.

$$З_{се} = З_о * 120\%, \quad (4.4)$$

где $З_{се}$ – витрати на утримання та експлуатацію устаткування

$$З_{се} = З_о * 120\% = 173,34 * 1,20 = 208,01 \text{ (грн.)}$$

4.1.6 Загальновиробничі витрати являють собою витрати, пов'язані з управлінням підрозділом, витрати на службові відрядження співробітників підрозділу (цеху), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальноцехового призначення і т.д. Визначаються в розмірі від 130% до 250% від основної зарплати. Вибираємо 150%.

$$P_{оз} = З_о * 150\%, \quad (4.5)$$

где $P_{оз}$ – загальновиробничі витрати:

$$P_{оз} = З_о * 150\% = 173,34 * 1,5 = 260,01 \text{ (грн.)}$$

4.1.7 Розрахунок виробничої собівартості. Виходячи з розрахованих статей калькуляції розрахуємо виробничу собівартість пристрою:

$$СБ_{пр} = З_{см} + З_{пи} + З_о + З_д + H_{зп} + З_{се} + P_{оз} \quad (4.6)$$

де $СБ_{пр}$ – виробнича собівартість пристрою;

$З_{см}$ – витрати на матеріали;

$З_{пи}$ – витрати на комплектуючі.

$$СБ_{пр} = 61,7 + 297,0 + 173,34 + 52,0 + 83,15 + 208,01 + 260,01 = 1135,21 \text{ (грн.)}$$

4.1.8 Витрати на збут. Включають витрати на рекламу та передреалізаційну підготовку пристрою. Орієнтовно ці витрати визначаються в розмірі від 5% до 10% від виробничої собівартості. Вибираємо 10%.

$$P_{сб} = СБ_{пр} * 10\%, \quad (4.7)$$

где $P_{сб}$ – витрати на збут.

$$P_{сб} = СБ_{пр} * 10\% = 1135,21 * 0,1 = 113,52 \text{ (грн.)}$$

4.1.9 Адміністративні витрати. Можуть містити в собі:

- ✓ Витрати, пов'язані з управлінням підприємства;

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- ✓ Витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- ✓ Витрати на пожежну та сторожову охорону;
- ✓ Витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів;
- ✓ Витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- ✓ Витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані зі сплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, взятими в оренду (лізинг);
- ✓ Витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ;
- ✓ Податки, відрахування.

Адміністративні витрати визначаються в розмірі 140-200 % від основної зарплати. Візьмемо 200 %:

$$A_3 = Z_0 * 200\% \quad (4.8)$$

где A_3 – административные затраты

$$A_3 = 173,34 * 200\% = 346,68 \text{ (грн.)}$$

4.1.10 Повна собівартість являє собою суму виробничої собівартості виробу, витрат на збут та адміністративних витрат:

$$СБ_{\text{пол}} = СБ_{\text{пр}} + P_{\text{сб}} + A_3 \quad (4.9)$$

где $СБ_{\text{пол}}$ – повна собівартість пристрою:

$$СБ_{\text{пол}} = 1135,21 + 113,52 + 346,68 = 1595,41 \text{ (грн.)}$$

Калькуляцію собівартості пристрою зведемо у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Собівартість пристрою за статтями калькуляції

№п/п	Стаття калькуляції	Сума, грн
1	2	3
1	Сировина та матеріали	61,7
2	Комплектуючі	297,0
3	Основна заробітна плата	173,34

1	2	3
4	Додаткова заробітна плата	52,0
5	Відрахування на соціальні заходи	83,15
6	Утримання та експлуатація устаткування	208,01
7	Загальновиробничі витрати	260,01
8	Виробнича собівартість	1135,21
9	Витрати на збут	113,52
10	Адміністративні витрати	346,68
11	Повна собівартість пристрою	1595,41

4.2 Визначення ціни пристрою

В ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: собівартість плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, залежно від рівня попиту та ін. Розрахунок оптової ціни пристрою проведемо за схемою «собівартість плюс прибуток»:

$$Ц_{\text{опт}} = СБ_{\text{пол}} + П \quad (4.10)$$

де $СБ_{\text{пол}}$ - повна собівартість пристрою,

$П$ – величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюваного підприємством. Прибуток визначається з показника рентабельності продукції, приймається в розмірі до 35%.

Задаємося рентабельністю 30%, тоді оптова ціна пристрою визначається:

$$Ц_{\text{опт}} = СБ_{\text{пол}} * 130\%, \quad (4.11)$$

где $Ц_{\text{опт}}$ – оптова ціна пристрою:

$$Ц_{\text{опт}} = 1595,41 * 130\% = 2074,03 \text{ (грн.)}$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Відпускна ціна пристрою включає податок на додану вартість:

$$Ц_{розд} = Ц_{опт} * 1,2 \quad (4.12)$$

где 20% - ПДВ.

$$Ц_{розд} = 2074,03 * 1,2 = 2488,84 \text{ (грн.)}$$

Позитивні сторони даної методики полягають у її простоті, комплексній очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення та реалізації пристрою. Недолік даної методики полягає в тому, що вона не враховує ринкові фактори ціноутворення і насамперед попит. Однак в умовах ринкової економіки існують ситуації, коли підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, виготовленні оригінальної продукції.

Необхідно відзначити, що для встановлення реальної ціни яка б відповідала умовам існуючого ринку пристрою, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

Таким чином, в техніко-економічній частині випускної кваліфікаційної роботи був виконаний розрахунок собівартості та ціни кодуемого пристрою системи передачі даних на основі мажоритарного коду.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

ВИСНОВКИ

Створення сучасних ефективних надійних та гнучких систем зв'язку, що забезпечують швидку передачу даних з максимальною достовірністю – на сьогодні залишається актуальною задачею. Новим аспектом в розвитку сучасних СПД є застосування адаптованих алгоритмів роботи. Це означає, що на практиці виявляється мало застосування одного завадостійкого кодування інформації. У реальних лініях зв'язку рівень перешкод не є постійною величиною, а безперервно змінюється в часі. В одних випадках, при малому рівні перешкод, необхідно підвищити швидкість передачі і знизити надмірність перешкодостійкого коду, а в інших, навпаки - підвищити надмірність перешкодостійкого коду, знизивши тим самим швидкість передачі повідомлень. Для успішного практичного впровадження адаптивного алгоритму роботи в реальні системи передачі даних, необхідно реалізувати його так, щоб це не вимагало втручання людини. Можна зробити висновок, що тільки комплексний підхід до боротьби з перешкодами забезпечить високу ефективність.

Саме в такому сенсі виконувалася випускна кваліфікаційна робота на тему «Адаптивна СПД на основі мажоритарного коду».

При виконанні завдання на випускну роботу була побудована система кодування на основі мажоритарних кодів. При виборі мажоритарного коду вирішальним фактором є ймовірність невиявлення помилки. Проведений аналіз показав:

- при великих значеннях ймовірності спотворення двійкового символу краще вибирати коди з меншою кількістю інформаційних розрядів. Тому обраний початковий параметр коду - довжина коду - шість біт, кількість перевірочних розрядів - чотири.

- при менших значеннях ймовірності спотворення двійкового символу краще вибирати інформаційний пакет, що містить більшу кількість двійкових слів. Вибираємо інформаційний пакет, що містить три двійкових слова. За такої розмірності ймовірність невиявлення помилки не перевищує задану, але апаратна реалізація пристрою менш громіздка.

Розроблена система передачі даних являє собою систему, яка в залежності від зовнішніх умов формує інформаційні пакети різної довжини - при незначних перешкодах - передається по три слова, при високому рівні перешкод здійснюється передача по одному слову. У зв'язку з тим, що передача інформації повин-

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

на бути не тільки достовірною, але і швидкою, при зменшенні кількості перешкод в каналі зв'язку доцільно зменшувати кількість перевірочних символів (тим самим збільшиться швидкість передачі повідомлень). Сигнал про зміну режиму передачі формує приймальня сторона.

Були розроблені схема алгоритму функціонування, структурна і функціональна схеми для адаптивної системи кодування на основі мажоритарних кодів, а також розроблена і розрахована принципова схема кодуючого пристрою адаптивної системи передачі даних на основі мажоритарних кодів.

При побудові адаптивної СПД на основі мажоритарного коду використовувалися мікросхеми TTL-логіки серії 1533, які володіють достатньою швидкістю і завадостійкістю, і призначені для організації високошвидкісного обміну і обробки цифрової інформації. Крім того, в цій серії представлені всі необхідні функціональні вузли.

У техніко-економічній частини випускної роботи було проведено розрахунок повної собівартості, а також ціни виробу.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Погребняк Л.М., Науменко М.І. Оцінка ефективності завадостійкого та просторового кодувань в нестационарних частотно-селективних каналах систем військового радіозв'язку // Збірник наукових праць ВІТІ – 2017. - № 4. – С.103-110.
- 2 Погребняк Л.М., Науменко М.І. Удосконалений метод просторово-часового блочного кодування для частотно-селективних каналів систем військового радіозв'язку // Збірник наукових праць ВІТІ – 2017. - № 1. – С.81-86.
- 3 R. Krishnamoorthy Forward Error Correction Code for MIMO-OFDM System in AWGN and Rayleigh Fading Channel / R. Krishnamoorthy, N.S.Pradeep // International Journal of Computer Application's – 2013 – vol. 69. – pp. 8-13.
- 4 A. Al-Dweik Robust MIMO-OFDM system for frequency selective mobile wireless channels / A. Al-Dweik, Sami Muhaidat, Fatma Kalbat // IEEE transaction on Vehicular Technology – 2014. – pp. 1-11.
- 5 Розробка уніфікованого пристрою завадостійкої передачі інформації у високошвидкісних каналах радіорелейного та супутникового зв'язку: звіт про науково-дослідну роботу (заключний): в 2 ч. / Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; науковий керівник роботи Л.О. Уривський. – Київ, 2016. – 2 т.
- 6 Кушнір О.І. Аналіз методів завадостійкого кодування у цифрових системах зв'язку [Електронний ресурс] / О.І. Кушнір, О.І. Тимочко, О.В. Северінов // Системи обробки інформації. – 2007. – Вип. 9. – С. :63-65.
- 7 Пятін І.С. Моделювання цифрової системи зв'язку з завадостійким кодуванням [Електронний ресурс] / І.С. Пятін, В.В. Сергеев // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. - № 6. – С. 89-91.
- 8 Гребенюк О. П. Застосування завадостійкого кодування в системах зв'язку і передачі даних комплексів радіомоніторингу для забезпечення достовірності інформаційного обміну / О.П. Гребенюк, В.Д. Меленський, В.І. Коріненко // Проблеми створення, випробування, застосування та

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

- експлуатації складних інформаційних систем. - 2015. - Вип. 11. - С. 44-50.
- 9 V. M. Deundyak, Yu. V. Kosolapov, "On the Berger–Loidreau cryptosystem on the tensor product of codes", *J. Comp. Eng. Math.*, **5:2** (2018), 16–33
- 10 Теоретичні основи завадостійкого кодування: підручник для вищ. навч. закл. / П.Ф. Олексенко [та ін.]; за ред. В.Ф. Мачуліна; НАН України, Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є Лашкарьова, Мін-во освіти та науки України, НТУУ «КПІ» [та ін.]. – Київ: Наукова думка, 2010-2012. Ч.1.- 2010.- 192 с. Ч.2.- 2012.- 210 с.
- 11 Теоретичні основи завадостійкого кодування: у трьох частинах / П.Ф. Олексенко [та ін.]; за редакцією В.Ф. Мачуліна; Національна академія наук України, Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є Лашкарьова, Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Київ: НУБіП України, 2013. Ч.3.- 360 с.
- 12 Clark, George C., Jr., and J. Bibb Cain. *Error-Correction Coding for Digital Communications*. New York: Plenum Press, 1981.
- 13 Lin, Shu, and Daniel J. Costello, Jr. «Error Control Coding: Fundamentals and Applications». Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1983.
- 14 Mackenzie, Dana. «Communication speed nears terminal velocity». *New Scientist* 187.2507 (9 июля 2005): 38-41.
- 15 Multinomial representation of majority logic coding Conference: Information Theory, 2005. ISIT 2005. Proceedings. International Symposium on J.B. Moore, K.T. Tan
- 16 Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації і кодування: Підручник. – К.: Вища шк., 2001. – 255 с.: іл..
- 17 Зубчук В.И. и др.: Справочник по цифровой схемотехнике. — К.: Техника, 1990. – 448 с.: ил.
- 18 Кодирование информации. Двоичные коды: Справочник/Под ред.. Н.Т. Березнюка. – Х.: Вища шк., Узд-во при Харьк. ун-те, 1978. – 252 с.
- 19 <http://www.aup.ru/books/m170/>Т.А.Фролова Экономика предприятия: конспект лекций Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005
- 20 <http://www.aup.ru/books/m47/>Ребрин Ю.И. Основы экономики и управления производством: Конспект лекций. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. 145 с.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

- 21 Економіка підприємства: Підручник/За заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 648 с.
- 22 «Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості». Затверджено КМ України від 26 квітня 1996 р. № 473//Бізнес. - №32-35
- 23 Расчет элементов цифровых устройств: Учеб. Пособие / Л.Н. Преснухин, Н.В. Воробьев, А.А. Шишкевич; Под ред. Л.Н. Преснухина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 526 с.: ил.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.053 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		104